AN INVESTIGATION OF FORMALDEHYDE GAS LEVELS IN HOUSES IN ST. JOHN'S, NEWFOUNDLAND

Environmental Health Directorate
Health Protection Branch

Published by authority of the
Minister of National Health and Welfare

82-EHD-83

COPIES OF THIS PUBLICATION MAY BE OBTAINED FROM:

Public Affairs Directorate,
Department of National Health and Welfare,
5th Floor,
Brooke Claxton Building
Ottawa K1A 0K9

Également disponible en français sous le titre "Enquete sur les concentrations de gaz formaldéhyde dans les maisons de St-Jean (Terre-Neuve)"

THIS DOCUMENT WAS PREPARED UNDER CONTRACT BY:

GEORTEC LIMITED
JUNE 1982
P.E. GEORGHIOU
D. SNOW

THE CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS CONTAINED HEREIN REPRESENT THE OPINION OF THE CONTRACTOR AND DO NOT NECESSARILY CONSTITUTE ENDORSEMENT BY THE DEPARTMENT OF NATIONAL HEALTH AND WELFARE

TABLE OF CONTENTS

	Page
INTRODUCTION	1
PRINCIPLE OF THE NIOSH METHOD P&CAM 125	2
Results and Discussion	3
PRINCIPLE OF THE MIRAN 1A GENERAL PURPOSE GAS ANALYZER	5
Results and Discussion	5
PRINCIPLE OF THE CEA 555 AIR MONITOR	9
Results and Discussion	9
PRINCIPLE OF THE DUPONT PRO-TEK™ FORMALDEHYDE AIR MONITORING BADGES, SERIES II, TYPE C-60	11
Results and Discussion	11
SURVEY RESULTS	14
CONCLUSIONS	16
REFERENCES	17

LIST OF TABLES AND FIGURES

		Page
Table 1:	SURVEY RESULTS	19
Table 2:	EFFECT OF DIFFERENT FLOW RATES ON THE NIOSH DETERMINATIONS	27
Table 3:	MIRAN ABSORBANCE UNITS VS. NIOSH-DETERMINED LEVELS	28
Table 4:	DUPONT PRO-TEK^{R} C-60 FORMALDEHYDE AIR MONITORING BADGES: FIELD EVALUATION	29
Table 5:	SOME HOME CHARACTERISTICS AND HIGHEST MEASURED NIOSH LEVEL	32
Figure 1:	FORMALDEHYDE LEVELS AND DATES OF UFFI INSTALLATION	34
Figure 2:	FORMALDEHYDE LEVELS AND HEALTH-RELATED COMPLAINTS	35

INTRODUCTION

The problems and potential problems associated with formaldehyde gas emitted from urea-formaldehyde foam insulation (UFFI) and from other sources in non-industrial indoor environments in Canada have been extensively documented[1,2,3] and have received intensive press coverage recently. The analytical method used in the great majority of the determinations of formaldehyde levels up to now has been the method recommended by the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Method P&CAM 125[4]. The method is sensitive enough but it is complex and a high degree of skill is required both for the on-site gas sampling and for the subsequent laboratory workup and analysis.

In November of 1979 we proposed to investigate the feasibility of using alternative methods to achieve a similar level of sensitivity and precision as that of the NIOSH method but which require less expertise. This is especially important considering the magnitude of the sample population that needs to be examined. Specifically, we proposed to evaluate in a field study the use of a portable single-beam infrared spectrophotometer, the Miran 1A General Purpose Gas Analyzer, manufactured by Foxboro Analytical. In the field study, formaldehyde levels measured with this instrument would be correlated with levels measured simultaneously by the NIOSH method. The instrumental method would be evaluated by examining a group of 50 houses in the St. John's area up to four times. In addition, a limited survey of relevant study home characteristics would be conducted by means of a questionnaire to be completed by the homeowner.

After only 30 houses were examined we found that no acceptable correlation existed between the NIOSH- and MIRAN-determined levels. The levels of formaldehyde observed in most cases were below the limits of sensitivity and precision possible with the MIRAN and furthermore the infrared method was also found to be susceptible to unidentified interferents. The study was therefore broadened to include a limited field evaluation of another on-site analyzer, the CEA 555, and the prototype of a passive formaldehyde dosimeter: the duPont "Pro-Tek" C-60 Formaldehyde Air Monitoring Badge, and also to establish other applications for the Miran.

PRINCIPLE OF THE NIOSH METHOD P&CAM 125[4]

A known volume of the air to be sampled is bubbled at a rate of 1.0 $L.min^{-1}$ through two glass impingers which are connected in series and which each contain 20 mL of distilled water. The first impinger is reported to be capable of trapping 80-100% of the formaldehyde in the air if the sampling is conducted over a 1 to 3 h period. The second impinger is therefore employed to trap the residual amount of the formaldehyde in the air. The resulting solutions are each transferred into 25 mL-capacity culture tubes. Using a polyethylene wash bottle the interior of the impinger and the impinger stem is rinsed once or twice with 1-2 mL portions of distilled water and this washing is added to the respective culture tubes which are then sealed with parafilm and capped with screwcaps. A field blank is also obtained for each site determination. Prior to the analysis which ideally is conducted within 72 h of sample collection, the solution volumes are made up to 25 mL in order to standardize the volumes of the solutions being determined.

Two- (or four-) mL aliquots of these solutions are removed and are treated with 0.1 mL (or 0.2 mL) of a 1% aqueous solution of chromotropic aid. The solutions are thoroughly mixed by means of a vortex mixer and to these solutions are added 3.0 mL (or 6.0 mL) concentrated sulphuric acid. After the solution has cooled to room temperature the absorbance of the purple chromagen which is formed is measured at 580 nm, and is proportional to the concentration of the formaldehyde in the solution. The concentration can then be determined by reference to a standard curve which is prepared daily using standard formaldehyde solutions.

Apparatus

Standard midget glass impingers of 25-30 mL capacity were used throughout the study. When two impingers were used in series they were connected to each other and to the sampling pump by means of ~15 cm lengths of Tygon tubing. A Bendix Super Sampler BDX-60 pump, or a LaMotte Model BD Code 1944 pump was used for the air sampling. The pumps were calibrated initially by means of a Precision Scientific Co. "Wet Test Meter", and daily by means of a standard 200 cm^3 graduated gas bubble flow meter, or a calibrated Matheson Model 603 rotameter. A Horizon 5965 colorimeter employing standard 10 mm round cuvettes and calibrated against a Perkin-Elmer Hitachi 139 UV-VIS spectrophotometer was employed. The PE-Hitachi spectrophotometer employing standard 10-40 mm cuvettes was also used for many of the determinations.

Results and Discussion

Typically, we obtained calibration lines with slopes of between 0.22 and 0.16 AU.mL.μg^{-1} (Absorbance Units/microgram per millilitre) for the Horizon colorimeter employing 10 mm path length cuvettes; and slopes of between 0.50 to 0.42 AU.mL.μg^{-1} for the P.E.-Hitachi 139 employing 20 mm path length cells. Table 1 summarizes the results of our survey using the NIOSH method.

The NIOSH procedure is stated to have an analytical detection range of 0.10 $\mu g.mL.^{-1}$ to 2.0 $\mu g.mL^{-1}$, and the lower limit of sensitivity is taken to be an absorbance of the resultant chromagen solution of 0.050 AU above the blank absorbance. In principle, greater sensitivity over a blank can be achieved by employing longer sampling times in order to increase the total amount of formaldehyde trapped, assuming that the time-averaged value is the same; or by increasing the path length of the spectrophotometric cells or cuvettes used in the analyses. For example, a calibration curve using 10 mm cells in our labs has a typical slope of 0.20 AU.mL.μg^{-1}, as compared with 0.42 AU.mL.μg^{-1} using 20 mm cells, and 0.66 AU.mL.μg^{-1} using 40 mm cells*. Using these slopes, their corresponding intercepts, and the NIOSH criterion of sensitivity, the detection limit for a 60 L air sample is 0.085 ppm using 10 mm cells; 0.040 ppm using 20 mm cells, and 0.026 ppm using 40 mm cells.

Formaldehyde concentrations can still be determined with a precision of the order of $\pm 5\%$ between replicates even though their chromagen absorbances are below the NIOSH criterion. Thus, in Table 1, we have listed these values where the absorbances have been < 0.050 AU above the field blank but have quoted the calculated values in parentheses.

R. Miksch of the Lawrence Berkley Laboratory has recently reported a revised NIOSH procedure[5]. This method is based upon the use of freshly prepared 1% aqueous sodium bisulphite as the trapping solution in the impingers and also on a standardization of the mode of collection of the gas sample and transference of the resulting solutions. The calibration curve is derived from a standard solution prepared with solid sodium formaldehyde bisulphite. We experimented with this method and found that it does offer some practical advantages, particularly with regard to the standardization of sample collection in the field. However, no

---

* NOTE: Beer's Law should hold, in principle, but the values quoted here were obtained with different instruments and with different calibration solutions.

significant increase in the efficiency of formaldehyde trapping was found in replicate experiments which were conducted in the field and in the laboratory. We did however observe greater intra-sample variation with the sodium-bisulphite method. A significant improvement on the distilled-water method however could be obtained simply by heating the chromotropic acid-sulphuric acid-treated aliquot for 15 min in a boiling water heating bath. Test-tubes whose openings are covered with parafilm, or culture-tubes capped with Teflon-lined screw caps can be employed for heating the solutions. It was found when using the original method that the heat generated by the addition of the concentrated sulphuric acid is too variable and greater intra-sample variation in the analyses can be seen when the solutions are not heated. Experiments were then conducted to establish optimum pumping rates. No significant differences were observed in replicate (side-by-side) sampling for samples collected using flow rates of 0.50 $L.min^{-1}$, 0.75 $L.min^{-1}$, or 1.0 $L.min^{-1}$ over suitable lengths of time. (see Table 2). For longer sampling periods (3-24 h) use of the 0.50 $L.min^{-1}$ pumping rate is recommended since less formaldehyde is outgassed from the first impinger as determined by the relative amounts of formaldehyde trapped in the second impinger.

There has been considerable concern over the efficiency of the NIOSH procedure for trapping the ambient formaldehyde as it is being pumped into the liquid-filled impinger. We have conducted two experiments which confirm the efficiency of the trapping. These experiments are described elsewhere in this report.

PRINCIPLE OF THE MIRAN 1A GENERAL PURPOSE GAS ANALYZER

The Miran 1A General Purpose Gas Analyzer manufactured by Foxboro Analytical is a portable single-beam infrared spectrophotometer. It consists of an analyzer in which the infrared light is generated and is passed through a filter in order to select the required wavelength. The light of desired wavelength (for formaldehyde, a wavelength of 3.58 nm corresponds to its C-H stretching absorption) then passes into the gas cell which contains the air sample to be analyzed. The instrument also consists of a pump which pumps the air into the cell at a rate of 30 $L.min^{-1}$. In the cell, the infrared light is reflected back and forth through the sample by means of suitably positioned mirrors. By adjusting the mirrors, the number of reflections of light through the sample can be reduced or increased such that an effective pathlength of between 0.75 to 20.25 m in increments of 1.5 m is achieved. Thus, the greater the number of reflections the more energy will be absorbed by the sample before the light reaches the detector.

The energy of the light reaching the detector is converted into an electrical signal which can be amplified and relayed to a meter or a strip-chart recorder. The amount of infrared energy absorbed by the molecules that a beam of infrared light collides with is a function of both the concentration of the absorbing molecules and the pathlength, and thus follows Beer's Law:

$$A = abc$$

where A = absorbance; a = absorbtivity constant;

b = pathlength; and c = concentration.

Results and Discussion

The Miran must first be calibrated by measuring the absorbances of known concentrations of formaldehyde. A closed-loop calibration system is attached to the Miran and known amounts of formaldehyde are injected into the loop and the corresponding absorbances are noted. We employed a modification of the Foxboro headspace method[6] in order to obtain more reproducible and accurate determinations for low-level formaldehyde concentrations. Thus, a short piece of thick-walled tygon tubing is used in place of the teflon tubing which is normally used with the closed-loop device. In this way, we could insert the needle of a microlitre syringe containing 5-10 µL amounts of a methanol-free formaldehyde solution (obtained from paraformaldehyde and water), directly into the tubing, and slowly introduce fixed aliquots of a solution whose concentration could be accurately determined using the

standard iodometric method. The small amounts of solution relative to the volume of the closed-loop calibration system rapidly volatilized and the absorbance at 3.58 nm could be determined with the aid of a strip-chart recorder. Thus we found that 0.00425 AU ± 0.000250 (17.5 recorder units ± 1.0) using the 0 - 0.025 AU range corresponded to 1.0 ppm ± 0.10 ppm. These values correspond well with the values reported by Foxboro Analytical using their own method where 1.0 ppm = 0.0044 AU (analysis of 26/V/1978, Foxboro).

The essential point to note about our own data however is that the noise level of the instrument is of the order of magnitude of the range of ambient levels that we are concerned with being able to detect.

Nevertheless, we felt at the onset that with sufficient care being exercised during the on-site field determinations, we would be able to observe and note significant absorbances over the zero-gas base-line levels. A base-line level for the particular location can be determined by the use of pre-activated charcoal filters which are inserted at the end of the inlet sampling hose. In the laboratory it was established that fresh or pre-activated (100° C activation 6-10 h) charcoal filters were extremely efficient in absorbing formaldehyde from the air being analyzed in the gas sample cell. Experiments showed that there was no absorption of water vapour from the sampled air by the charcoal filter. (Water vapour constitutes a likely interferant at the wavelength of interest.) Thus, we were convinced that a suitable base-line could be achieved for each of the sampling locations by allowing a 15-30 min equilibration time for the Miran, and inserting the charcoal filter at the front of the inlet hose and sampling in this mode for 5-10 mins. Once a stable base-line was noted by means of the strip-chart recorder, the charcoal filter was then removed and any deviation from the base-line could be recorded over a 5-10 min period. The charcoal filter is then reintroduced and the new base-line noted. Table 3 illustrates the values obtained when the Miran and NIOSH methods were used simultaneously. A poor correlation exists between the methods for the low range of formaldehyde concentrations being observed. It is our opinion therefore that the Miran is not a reliable indicator of levels of $\leq$ 0.20 - 0.25 ppm formaldehyde in air. Instrumental noise and typical base-line drift is of this same order of magnitude. In addition, however, the Miran also appears to be susceptible to some as yet undetermined interferants, possibly hydrocarbons see e.g., houses #28 and #29, Table 3. For these reasons the Miran is not suitable for either single point determinations or longer-time monitoring of indoor air formaldehyde levels.

We did note several very useful applications for the Miran however. It is well-known that wall-cavity formaldehyde levels are of an order of magnitude larger than those normally found in the room. The Miran was thus employed to monitor wall-cavity formaldehyde levels directly.

In a series of experiments conducted in July and August, the Miran was connected to a wall cavity via a short length of tygon tubing containing a simple automobile in-line filter. The wall cavity could then be monitored continuously over a 48-72 h period. The exit gases were vented from the exit port to the outside via a 10-15 m length of tygon. One could clearly observe a regular increase in the absorbance of the sampled air from the wall cavity as the exterior wall was being heated by the sun, indicating increasing formaldehyde outgassing. The levels indicated correlated well with the NIOSH-determined levels for the same cavity, utilizing the same hole. In a parallel study, 1.0 h room air samples were being collected. The fluctuation in the formaldehyde levels in the room air as determined in this way, closely paralleled that observed for the wall cavity although there appeared to be a lag period. As the exterior walls cooled so the observed formaldehyde levels decreased both in the wall cavity as observed with the Miran, and in the room air as measured by the conventional NIOSH method. In fact, we were able to gain direct experimental evidence of the effect of sunlight on exterior walls and the resulting elevation of formaldehyde levels in the corresponding room air. The effect can be quite dramatic and we were able on several occasions to note as much as 2 to 3-fold elevation of formaldehyde levels by the NIOSH method in one part of the house even though the internal temperature and humidity levels appeared not to differ significantly.

A further important application of the Miran has been with regard to establishing the correlation between Drager formaldehyde tubes and the NIOSH-determined levels. A report on this parallel study has already been submitted to the N.R.C.

During this study we employed the Miran as a sampling pump by connecting a needle valve in series with the Miran pump and an impinger. The impinger in turn was connected to the wall cavity via the tygon tubing containing the in-line filter. Using a bubble flow meter, we obtained a flow rate of 1.0 $L.min^{-1}$ through the impinger which initially contained no distilled water. This gave an absorbance due to the formaldehyde outgassing from the wall cavity which could be monitored on a strip-chart recorder. A level of ~ 2.0 ppm could be observed. The impinger was then filled with 20 mL of distilled water in order to trap the outgassing formaldehyde. The absorbance virtually disappeared and the zero base-line was maintained during a 1 h sampling

period. Noting that the instrumental noise is of the order of ± 0.2 ppm we conclude that the single impinger can trap > 90% of the formaldehyde. We thus have direct visual evidence here for the efficiency of the trapping in the NIOSH-procedure (we were able to demonstrate the same finding using the CEA 555 instrument in an identical mode).

We employed the Miran in a test room in which known amounts of paraformaldehyde were volatilized and thus the room air concentration could be calculated. Simultaneous NIOSH determinations were conducted. The Miran clearly showed a decrease in the formaldehyde concentrations over a 3 h period, presumably due to air changes occurring in the room. However, the time-averaged Miran absorbances agreed well with the NIOSH-determined level over a similar time span. Thus the Miran could be used to establish ventilation rates and indeed, we noted in a recent publication by R. Miksch[7] that a similar instrument has been used for this very purpose using sulphur hexafluoride as the tracer gas[8]. Our own findings suggest that a hydrocarbon such as propane, or a volatile alcohol such as ethylalcohol, or isopropanol can be used just as effectively as a tracer. Thus, the rate of decrease of the absorbance due to a known amount of the compound being employed as the tracer in the room in question, can be observed directly.

PRINCIPLE OF THE CEA 555 AIR MONITOR

The CEA 555 Air Monitor is an automated portable wet chemical colorimetric analyzer that can be used to analyze for the presence of various gases, including formaldehyde. The air sample which is being analyzed is drawn into the instrument via an internal vacuum pump and through a helical glass gas-liquid contact absorber column. An absorbing solution of sodium tetrachloromercurate containing a fixed quantity of sodium sulfite is fed in a concurrent stream through the column to absorb the formaldehyde from the air stream. The resulting solution is transported into the system where it is combined with a solution of pararosaniline which reacts with the formaldehyde to produce a color. The chromogen is then transported to a colorimeter which measures electronically the difference in color of the added pararosaniline solution before and after the reaction with the formaldehyde. The intensity of the colour formed obeys Beer's Law and, using a strip-chart recorder connected to the instrument, these differences can be recorded. Comparisons are made with reference to a calibration curve obtained with known standards. There has been controversy with regard to the mechanism of the reaction and Miksch suggests[7] that the toxic sodium tetrachloromercurate solution can be eliminated from the procedure, altogether. The order of addition of the reagents need only be reversed and we are currently investigating the feasibility of doing this with the CEA 555.

Results and Discussion

We have conducted only a limited investigation of the CEA 555 up to now but, in general, employing some of Matthews'[9] recommendations, we have noted a good correlation between NIOSH-determined and CEA 555-determined formaldehyde levels. The instrument however requires a considerable amount of operator skill and the reagents are costly. A maximum of two homes per day can be measured using the instrument and we recommend that an on-site calibration be conducted for each home. The major advantage of the CEA 555 is that it offers a direct, visual, on-site record of indoor levels. In addition, it can be used with suitable minor modifications to monitor typical non-industrial indoor formaldehyde levels on a continuous basis.

We employed the CEA 555 with a strip-chart recorder in a preliminary experiment to establish the efficiency of formaldehyde absorption by an impinger containing distilled water. (A similar experiment was conducted with the Miran 1A - see above.) The CEA 555 base-line level was established using a zero gas charcoal filter on the inlet of the air sampling pump which was set for a flow rate of 0.75 $L.min^{-1}$. The charcoal filter was then removed and after ~10 min a new level

was established corresponding to the concentration of formaldehyde gas present in the test room. A short piece of tygon was employed to connect the side outlet of a glass impinger containing 20 mL of distilled water, to the air sampling pump inlet. The flow rate of the instrument was confirmed by using a bubble flow meter connected to the impinger while in this mode. Within 10 min the absorption level established for the room formaldehyde concentrations decreased until the original base-line was re-obtained. Within the limits of uncertainty due to instrumental noise, a 95% efficiency of formaldehyde trapping in distilled water over a 1 h period could be discerned. Analysis of the resulting solution was in agreement with the CEA 555-determined level.

PRINCIPLE OF THE DUPONT PRO-TEK™ FORMALDEHYDE AIR MONITORING BADGES, SERIES II, TYPE C-60

The Pro-Tek™ formaldehyde badge is a diffusion monitor which collects formaldehyde from the air. This is achieved by means of a specially-designed wick which is connected to a pouch containing approximately 2.0 ml of a 1% solution of sodium bisulphite. The wick absorbs formaldehyde from the air in which the badge is located and traps it as the bisulphite adduct. The badges are pre-calibrated in the factory on a batch basis by analysing badges from the batch which have been exposed to know formaldehyde levels for known periods of time. Thus, each batch possesses a specific calibration factor. The analyses of the resulting solutions are conducted by the usual chromotropic acid-sulphuric acid procedure. The time weighted average (TWA) formaldehyde concentration is calculated by subtracting the absorbance value obtained for an unexposed badge solution from the absorbance value obtained for an exposed badge solution[10]:

$$\text{TWA ppm} = \frac{\text{Sample Absorbance - Blank Absorbance}}{\text{Calibration factor x Total hours exposed.}}$$

The calibration factor is dependent on the path length of the cells employed in the analysis at 580 nm. Thus, using 40 mm cells and a calibration factor of 0.0566 AU per ppm-hour, and the NIOSH criterion of 0.050 AU above a blank we estimated intially that a 24 h exposure would suffice for the average levels (e.g., 0.050 ppm) being observed in the homes which had been surveyed.

$$\text{i.e, assuming a TWA} = 0.050 \text{ AU} = \frac{\text{Absorbance Difference}}{0.0566 \times 24}$$

$$\text{Absorbance Difference} = 0.068 \text{ AU}$$

Results and Discussion

We designed our experiment to establish the correlation between NIOSH-determined levels in some of our survey homes and those indicated by the duPont badges. Twenty homes were selected from our list, including controls. Two badges were sent to each home each with detailed instructions on their deployment. One was to be worn on a member of the household while the other was to be placed on a wall in a room in which we had conducted our NIOSH-determinations. The deployments were synchronized with a visit by our field team to those houses so that a third badge carried to the home by the field team could be placed by them adjacent to the one which we sent to the homeowner by mail. At the same time, a NIOSH measurement was

conducted using different sampling periods. On the next day, our field team collected the badge which they deployed and the homeowners were requested to return their ones to us by mail. Table 4 summarizes the results. Recipients #1-10 had badges mailed to them with no follow-up conducted by our group. With the exception of recipient #4 the observed levels do not appear to be unusual. However there was no way of confirming these observations.

Recipients #11 to 30, however, generally had a concurrent NIOSH test conducted and/or the deployment of a third badge by our field team. The discrepancies between the NIOSH-determined levels and those obtained for the badges are readily apparent. However, one can note (Recipients #11; 12; 16; 17; 20; 21; 29) generally good agreement between those badges taken, deployed and returned by the field team and the NIOSH values obtained. The badges generally and consistently record higher TWA's. There was a very poor correlation between NIOSH and badge-determined levels for those which had been through the mailing system and which had been deployed by the homeowner. Initially we suspected damage due to the initial mailing processes involved. But, it became apparent after further experimental data was obtained that there was no practical method of knowing the blank value for the particular individual badges. Examination of several unexposed blank badges showed that the zero values after chromotropic-sulphuric acid treatment varied over a 40% range, with the absorbances of some blanks being comparable to those of some of field deployed badges. With longer exposure (up to seven days), however the accumulated amounts of formaldehyde would, after chromotropic acid-sulphuric acid treatment, result in higher absorbance values. Thus the differences due to inter-badge blank variations would become relatively insignificant. The remaining badges were, therefore, deployed for exposures of up to a seven-day period in several of the test houses. For those cases the correlation with the NIOSH-determined levels was excellent.

An analysis of variance was conducted using a blocking procedure in which the duPont badges were compared with the NIOSH method for each of the test environments. The best correlation obtained between the NIOSH-determined levels and those from the duPont badges was from the experiments in which badges were exposed for periods equal to or greater than 72 h, and in which NIOSH samples ranging from 3-24 h were collected. At the $\alpha = 0.05$ level the two methods were statistically indistinguishable.

It must be recognized however that this type of correlation will not necessarily be found for all environments, since we recognize the limitations of a single NIOSH determination. Furthermore, with the prototype badges which we employed one can only approximate the blank absorbance values since in effect the absorbing solution for the determination is unique for each badge. duPont have since produced an improvement on these badges by having two pouches containing the same solution per badge, one of which will be used for the formaldehyde absorption and the other which will be exposed to the same environmental conditions except for the actual exposure to the air being monitored.

SURVEY RESULTS

The homes surveyed were chosen from a list of homeowners who had contacted us prior to the commencement of the study. Control homes were selected on the basis of their similarities in age to the majority of the homes which were under study and on the basis of personal contact. In only one of the control homes was there a resident who smoked. All homeowners were asked to keep doors and windows closed for a minimum of 24 h prior to the sampling. Several homes were selected for long-term investigation on the basis of an unusually high formaldehyde level being observed during the initial surveys. See Tables 1 to 5.

The histograms shown in Figure 1 show some correlations for the houses surveyed. Eighty-four percent of the houses insulated in 1979 or later had a NIOSH-measured level of > 0.06 ppm on at least one occasion. Of the sample group, fifty-eight percent had a measured level of $\geq$ 0.1 ppm on at least one occasion. By comparison, of those houses which were insulated during 1978, forty-four percent had levels > 0.06 ppm measured on at least one occasion, and only one house in this group had a formaldehyde level of $\geq$ 0.1 ppm measured on at least one occasion. Of the houses insulated prior to 1978 only twenty-two percent had levels of > 0.06 ppm measured on at least one occasion, and none of the houses in this group had $\geq$ 0.1 ppm level on any occasion.

Whether the observed trend of a decrease in the measurable levels with time will be continued can only be speculated upon. However, it is known that over a 9-month period to date several of the original survey homes still have high measurable levels. It is our opinion that the known formulation changes which resulted in the production of a denser UFFI could be responsible for the relatively high degree of formaldehyde outgassing observed in the 1979-insulated houses. Furthermore, it is our opinion that these levels will not decrease as dramatically over only one or two years.

The histograms in Figure 2 show the correlation between the dates of UFFI installation and reported health-related complaints. No attempt has been made to evaluate this correlation on an epidemiological basis.

Variations in the measured formaldehyde levels are clearly discerned in many cases. These variations can be due to several identifiable causes:

(a) Errors introduced during the sample collection and analysis: a potential variation of as much as $\pm$15% can be accounted for simply due to errors of calibration of the pump flow rate ($\pm$5%), the process of transferring

solutions from the impingers in the field (±5%) and, variations encountered due to the analytical procedures (±5%). However, under a stringently controlled protocol an overall precision of ±10% is possible.

(b) External climatic conditions. Since the major source of formaldehyde gas in UFFI homes is due to infiltration of air through wall cavities relative pressurization conditions are important[11]. Conditions of high winds, high temperatures and high relative humidities are all factors which contribute to formaldehyde gas elevation in the living spaces of homes.

The most direct effect that has been recorded on several occasions during the study has been that of direct sunlight on the UFFI-containing exterior walls. Thus, in one series of experiments conducted in house #24 a level of < 0.04 ppm was recorded in one room and two hours later a level of 0.36 ppm was observed in the same location. The room had a North-facing UFFI-wall and the first measurement was conducted between 9:30 and 11:30 a.m. The second was conducted between 1:30 and 3:30 p.m. with the sun shining directly onto the wall. The experiment was repeated several days later when levels of 0.080 ppm and 0.16 ppm respectively were recorded in the same room. We have noted the same effect in another home, #19, in which the test room had a South-facing UFFI-filled wall. In this location, the morning levels were higher than those made in the afternoon. Levels of 0.16 ppm and 0.092 ppm were noted for the morning and afternoon determinations, respectively. We have noted this effect during continuous monitoring over 6-7 day periods in conjunction with current experiments which we are conducting and which are designed to further evaluate the duPont Pro-Tek™ formaldehyde monitoring badges.

In general, the highest levels observed among the four determinations per home have also had the highest simultaneous recording of internal temperatures and relative humidities. These also parallel external temperature and relative humidities during the summer conditions. We have also noted that within multi-level houses the highest levels measured during simultaneous determinations are found in the upper storeys. This is particularly evident in cooler weather. During the warmer months the levels appear to be more homogeneous throughout the buildings.

Another observation that we were able to make is that in three of the houses in which levels of 0.1 ppm or greater were observed there were regions of UFFI which were exposed to the interior of the house at some location. There were many cases in which UFFI had been installed in regions not recommended for UFFI use e.g., around chimney mortar, basement sills and overhangs and in one case in an attic although in the latter case the levels were not high (house #18).

CONCLUSIONS

1. The Miran 1A is not sensitive enough for the measurement of formaldehyde levels in the indoor air of non-industrial environments. It is however suitable for the measurement of the formaldehyde levels associated with the outgassing of UFFI in wall cavities and in this context correlates well with NIOSH-determined levels. A further application is for investigation of ventilation rates.

2. The CEA 555 offers some advantages in that it is more sensitive than the Miran 1A and is a direct on-site measuring device which is also capable of being used as a continuous monitor. However, it requires a high degree of skill to calibrate and maintain, and employs relatively expensive chemicals. It does offer a major advantage in that a visual record is available to the concerned homeowner immediately upon completion of the testing.

3. The precision of the NIOSH or any other method employed is limited to the degree of actual fluctuation in the indoor formaldehyde levels which is dependent upon external and internal conditions. In this regard the variance in ventilation rates have been found to be generally larger than those found for the variance in the measurement of formaldehyde levels for a particular environment[7]. Thus single NIOSH or CEA 555 determinations for homes in which a standardized protocol has been followed will <u>not</u> necessarily indicate "worst-case" indoor formaldehyde levels.

4. Passive-type dosimeters which monitor levels over an extended period in the particular environments offer a more meaningful time-weighted average of formaldehyde levels which residents would be exposed to. The problem of variations in the background (blank) levels of the solutions used in the individual dosimeters remains a major obstacle to the method, at present.

5. There appears to be a group of UFFI-homes in which formaldehyde levels are unusually high.

REFERENCES

1. "Problems Associated with the Use of Urea-Formaldehyde Foam for Residential Insulation" Part 1, K.R. Long, D.A. Pierson, S.T. Brennan, C.W. Frank and R.A. Hahne, Oak Ridge National Laboratory, September 1979.

2. "Final Report of the Department of National Health and Welfare Expert Advisory Committee on Urea-Formaldehyde Foam Insulation", National Health and Welfare Canada, April 1981.

3. "Formaldehyde - An Assessment of its Health Effects", Report of the Committee on Toxicology, National Academy of Sciences, Washington D.C., March 1980.

4. "NIOSH Manual of Analytical Methods" 2nd edition, Vol. 1, 125-1, 125-9, 75-121, Method P&CAM 125, 1974.

5. R.R. Miksch in "Revised NIOSH Procedures Method" in "Technical Specifications for the Sampling of Homes Insulated with Urea Formaldehyde Foam", Department of Consumer and Corporate Affairs, Canada, September 1981.

6. "Monitoring Formaldehyde in Ambient Air Utilizing a Single-Beam Infrared Analyzer", Infrared Application Notes No. 12, Foxboro Analytical.

7. "Modified Pararosaniline Method for the Determination of Formaldehyde in Air" by R.R. Miksch, D.W. Anthon, L.Z. Fanning, C.D. Hollowell, K. Reuzan, and J. Glanville, "Analytical Chemistry" 53 2118-2123 (1981).

8. Hitchin, E.R., and C.B. Wilson, "Building Science" 2, 59-82, (1967).

9. "Evaluation of a Modified CEA Instruments Inc. Model 555 Analyzer for the Monitoring of Formaldehyde Vapour in Domestic Atmospheres" by T.G. Matthews, Oak Ridge National Laboratory (Preliminary Report), 1981.

10. "Pro-Tek™ Colorimetric Air Monitoring Badge Systems Operating and Analytical Procedures. Formaldehyde Badge, Series II, Type C-60", E.I. duPont de Nemours and Co., Delaware, Document E-40433, March 1981.

11. "Urea Formaldehyde Foam Insulation: Problems Identification and Remedial Measures for Wood-frame Construction" by R.P. Bowen, C.J. Shirtliffe and G.A. Chown, in "Building Practice Note #23", National Research Council, Canada, August 1981.

Table 1

SURVEY RESULTS

House #*	Date (1981)	Indoor T(°C)	Indoor %RH	Outdoor T(°C)	Outdoor %RH	At. Press kPa	Wind Sp. kph	Sample[1] Vol L	Calculated[2] formaldehyde conc (ppm)
1	9/VI	20	54	9.0	81	99.2	24	M	<0.25
1	8/VII	20	58	16	84	98.8	30	80	(0.05
1	14/VII	18	62	16	73	101.8	20	90	(0.01)
1	1/IX	20	69	17	81	102.2	11	240	0.045
2	9/VI	18	60	8.0	85	99.2	22	M	0.3
2	8/VII	23	60	21	50	99.9	30	80	(0.02)
2	11/VIII	20	67	15	80	102.0	5	60	(0.02)
2	1/IX	20	66	17	76	102.0	14	180	0.029
3	7/VII	22	66	19	93	101.9	26	60	(0.025)
3	15/VII	17	70	16	96	101.7	41	75	(0.02)
3	16/VII	21	66	14	75	101.4	30	90	0.058
3	21/XII	23	58	-2	80	101.6	28	120	(0.044)
4	1/IV	24	59	12	89	100.2	26	60	0.11
4	17/VII	29	52	21	50	101.4	30	45	(0.04)
4	24/VII	20	61	16	56	102.0	19	120	0.042
4	21/XII	19	52	0	96	98.1	56	180	0.10
5	25/V	19	65	7	92	99.9	30	60	(0.04)
5	28/VII	19	65	14	95	101.3	24	60	(0.04)
5	4/IX	18	74	13	79	102.9	9	60	(0.03)
5	9/IX	20	72	12	80	102.1	26	60	(0.02)
6	1/IV	20	76	13	92	100.2	15	60	(0.02)
6	20/VII	21	65	15	80	101.3	5	80	(0.04)
6	4/IX	19	60	16	77	103.0	12	60	(0.02)
6	9/XII	16	75	18	97	99.1	9	180	(0.03)

Table 1 (cont'd)

House #*	Date (1981)	Indoor T(°C)	Indoor %RH	Outdoor T(°C)	Outdoor %RH	At. Press kPa	Wind Sp. kph	Sample[1] Vol L	Calculated[2] formaldehyde conc (ppm)
7	1/VI	23	60	13	89	100.2	26	60	0.05
7	7/VII	20	66	19	33	100.0	26	140	0.03
7	20/VII	20	58	15	80	101.3	5	60	(0.04)
7	9/IX	21	74	12	80	102.1	26	60	(0.04)
8	5/V	16	66	7	90	99.1	13	60	(0.04)
8	5/VI	18	65	7	85	100.2	25	M	0.25
8	28/VII	16	69	14	95	101.1	20	60	(0.03)
8		Refused 4th Test							
9	8/VI	17	58	13	89	98.6	30	M	< 0.25
9	20/VII	21	60	16	83	101.3	5	60	(0.05)
9	9/IX	21	70	12	88	102.0	20	60	(0.05)
9	10/IX	21	70	11	86	102.0	24	60	0.10
10	8/VI	22	54	14	80	98.7	30	M	< 0.25
10									
10		House sold, new owner refused testing.							
10									
11	2/VI	23	59	9	63	101.5	32	60	(0.03)
11	8/VII	23	60	21	70	99.9	30	60	(0.03)
11	29/VII	21	58	16	63	100.8	50	60	(0.03)
11	1/IX	22	60	18	80	102.3	9	180	0.076
12	8/VI	24	68	14	80	98.6	30	M	< 0.25
12	16/VII	21	65	16	73	101.4	45	60	0.07
12	4/VIII	26	62	23	69	101.9	24	61	0.11
12	22/VII	20	46	3	75	101.3	45	120	(0.05)
13	15/VI	22	54	17	75	101.8	30	60	0.07
13	9/VII	18	62	10	81	99.8	13	175	0.069
13	19/VII	21	65	25	48	101.3	15	190	0.063
13	25/VIII	20	68	9	85	101.1	24	60	0.08

Table 1 (cont'd)

House #*	Date (1981)	Indoor T(°C)	Indoor %RH	Outdoor T(°C)	Outdoor %RH	At. Press kPa	Wind Sp. kph	Sample[1] Vol L	Calculated[2] formaldehyde conc (ppm)
14	17/VI	28	55	7	85		10	60	(0.02)
14	24/VII	25	50	14	67	101.9	15	63	0.08
14	20/VIII	22	76	10	94	101.7	19	340	0.064
14		Refused final test.							
15	11/VI	21	74	6	92	98.8	36	60	(0.01)
15	23/VII	22	65	20	64	101.1	35	60	(0.03)
15	2/IX	19	70	13	83	102.9	8	1440	0.018
15	21/XII	23	58	-2	80	100.6	28	120	(0.04)
16	25/V	22	54	7	90	99.1	13	60	.07
16	10/VII	19	62	15	73	100.1	20	127	.043
16	3/VIII	30	58	24	55	101.5	35	60	0.11
16	21/XII	19	68	0	80	100.4	39	120	(0.04)
17	22/V	20	68	14	40	102.1	10	60	0.06
17	17/VII	20	70	15	70	101.4	20	75	0.07
17	1/IX	18	70	17	76	102.2	14	164	0.062
17	22/XII	16	58	2	85	101.3	46	180	0.033
18	9/VII	21	56	8	92	99.2	61	100	(.02)
18	8/IX	18	72	11	96	101.4	30	60	(.05)
18	9/IX	19	73	11	96	101.4	30	60	(.03)
18	10/IX	18	72	12	96	101.4	28	60	(.05)
19	5/VII	21	52	9	96	101.4	20	120	0.071
19	11/VII	22	58	13	85	100.5	13	60	.09
19	25/VII	24	48	21	58	102.2	24	210	(0.02)
18	9/XII	18	58	7	97	99.1	9	180	0.11
20	20/V	16	52	10	68	101.1	28	60	(0.03)
20	4/VII	22	58	19	77	101.1	40	60	0.13
20	9/VII	17	62	10	81	99.8	13-22	60	0.08
20	11/VII	15	67	13	85	100.5	13	60	0.06

Table 1 (cont'd)

House #*	Date (1981)	Indoor T(°C)	Indoor %RH	Outdoor T(°C)	Outdoor %RH	At. Press kPa	Wind Sp. kph	Sample[1] Vol L	Calculated[2] formaldehyde conc (ppm)
21	17/V	18	60	5	88	100.1	20	60	(< 0.01)
21	10/VII	15	70	14	87	99.9	19	180	(< 0.01)
21	24/VII	18	56	14	67	101.9	15	60	(0.02)
21	21/X11	20	62	0	80	101.4	39	180	0.036
22	26/V	22	56	13	65	101.2	30	60	(0.01)
22	9/VI	19	64	12	80	99.2	22	M	0.25
22	15/VII	15	71	16	98	100.5	59	60	(0.01)
22	Unable to contact for 4th visit.								
23	2/VI	17	71	12	52	101.5	28	60	.09
23	14/VII	17	70	16	73	101.8	23	60	.09
23	11/VIII	18	71	17	85	102.0	16	180	.20
23	12/VIII	18	71	20	75	102.0	11	180	.22
24	4/VI	20	62	6	71	100.7	30	M	0.50
24	17/VII	22	64	21	50	101.4	30	60	.10
24	29/VII	21	60	18	54	100.8	50-70	60	.360
24	3/VIII	27	60	27	50	101.4	37	60	.150
25*	9/VI	18	60	12	78	99.2	22	60	(< 0.01)
25	11/VII	19	58	17	85	102.1	16	60	(< 0.01)
25	3/VIII	25	60	27	50	101.0	37	60	(< 0.01)
25	21/XII	25	58	-2	80	101.2	28	60	(< 0.01)
26*	9/VI	20	60	12	80	99.2	22	60	(< 0.01)
26	3/VIII	27	52	19	70	101.5	32	180	(0.02)
26	11/VIII	20	76	16.5	88	102.1	16	180	(0.02)
26	8/IX	20	72	11	90	101.5	30	60	(< 0.01)
27	8/VI	23	53	14	85	98.6	33	M	< 0.25
27	16/VII	22	67	13	90	101.0	30	60	(0.02)
27	23/XII	18	56	1	96	100.55	19	180	0.045
27	23/XII	18	56	1	96	100.5	19	180	0.066

Table 1 (cont'd)

House #*	Date (1981)	Indoor T(°C)	Indoor %RH	Outdoor T(°C)	Outdoor %RH	At. Press kPa	Wind Sp. kph	Sample[1] Vol L	Calculated[2] formaldehyde conc (ppm)
28	2/VII	25	65	17	63	101.4	32	60	0.16
28	21/VII	24	57	15	72	101.38	18	60	(0.04)
28	22/VII	24	62	16	77	101.2	23	70	(0.03)
28	3/VIII	27	57	27	50	101.4	37	120	0.065
29*	3/VI	18	72	16	58	101.4	36	60	(<0.01)
29	2/VII	25	60	17	63	101.2	32	60	(<0.01)
29	21/VII	26	48	17	62	101.3	30	75	(<0.01)
29	20/XII	22	55	1	70	100.5	20	120	(<0.01)
30	27/V	20	55	7	87	101.7	20	60	(0.03)
30	3/VIII	27	64	26	47	100.5	35	120	.065
30	11/VIII	24	58	20	75	101.9	9.5	220	.049
30	19/VIII	23	67	17.5	77	101.1	23	165	.066
31	22/V	23	56	10	49	102.1	21	60	(0.04)
31	17/VII	20	67	15	70	101.4	20	60	(0.05)
31	1/IX	20	60	18	70	102.3	15	240	0.12
31	9/IX	20	68	21	82	101.9	25	120	0.070
32	15/V	21	54	15	70	100.3	30	60	.10
32	14/VII	19	62	13	77	101.7	30	60	(<0.01)
32	8/IX	21	72	11	95	101.5	30	60	(.05)
32	8/IX	21	72	11	95	101.5	30	60	(.05)
33*	4/VII	28	42	21	75	101.0	5	60	(.01)
33	11/VII	17	68	13	85	100.5	15	60	(.01)
33	8/IX	20	70	11	95	101.5	30	120	(0.012)
33	9/IX	18	68	21	82	101.9	25	120	(0.014)
34	26/V	21	47	11	74	101.2	32	60	(.02)
34	9/VII	23	.	8	92	99.2	61	60	(<0.01)
34	23/VII	21	63	17	76	101.1	43	60	(<0.01)
34	8/IX	19	82	11	96	101.4	30-40	60	.07

Table 1 (cont'd)

House #*	Date (1981)	Indoor T(°C)	Indoor %RH	Outdoor T(°C)	Outdoor %RH	At. Press kPa	Wind Sp. kph	Sample[1] Vol L	Calculated[2] formaldehyde conc (ppm)
35	9/VI	18	60	13	76	99.3	20	M	<0.25
35	23/VII	19	66	20	64	101.1	35	60	(.05)
35	7/VIII	18	70	12	98	101.3	20	60	(.06)
35	17/VIII	20	71	14	88	101.3	24	1,380	0.030
36	29/V	20	64	13	81	101.8	19	60	.06
36	2/VII	19	65	14	95	101.1	26	66	.08
36	9/IX	12	78	21	82	101.9	25	150	0.065
36	9/IX	12	78	21	82	101.9	25	150	0.060
37	8/VI	22	58	14	85	98.6	35	M	<0.25
37	28/VII	21	62	14	95	101.1	26	60	.09
37	7/VIII	19	74	11	95	101.1	28	60	0.09
37	21/VIII	24	54	16	68	101.6	24	230	0.065
38	10/VII	19	64	17	62	99.9	19	120	.038
38	13/VII	21	62	10	93	100.4	10	270	.031
38	15/VII	19	68	16	94	100.4	25	66	(.05)
38	26/VIII	21	72	16	70	101.6	28	300	.020
39	9/VI	20	59	12	80	99.2	22	M	< 0.25
39	11/VIII	19	74	14	90	102.0	20	60	0.07
39	21/VIII	21	68	43	70	101.6	26	480	.063
39	22/VIII	24	65	21	50	101.6	15	1,440	.066
40	12/VI	20	60	4	88	100.0	36	60	0.06
40	7/VIII	21	73	13	90	101.2	11	120	.053
40	9/IX	20	72	12	78	102.0	26	60	(.05)
40	9/IX	20	72	13	78	102.0	26	60	(.05)
41	8/VI	20	63	13	85	98.6	30-45	M	<0.25
41	8/VII	20	62	18	70	99.9	25	60	(.03)
41	14/VII	18	65	13	73	101.8	30	60	(0.03)
41	19/VIII	20	74	14	79	101.3	24	1,440	0.068

Table 1 (cont'd)

House #*	Date (1981)	Indoor T(°C)	Indoor %RH	Outdoor T(°C)	Outdoor %RH	At. Press kPa	Wind Sp. kph	Sample[1] Vol L	Calculated[2] formaldehyde conc (ppm)
42*	3/VII	21	56	17	52	103.0	12	145	(.017)
42	17/VII	25	68	18	62	100.6	6	180	(.010)
42	19/VII	21	60	16	62	102.3	10	60	(<0.01)
42	21/VII	17	64	13	79	101.4	25	90	(<0.01)
43	9/VI	23	58	12	22	99.2	22	M	0.25
43	7/VIII	21	70	14	90	101.2	4	60	(.04)
43	4/IX	20	70	13	79	102.9	10	60	(.04)
43	9/IX	22	70	12	79	102.0	30	60	(.06)
44	2/VI	23	51	14	35	101.5	28	60	(.01)
44	22/VII	19	62	15	76	101.3	19	60	(<0.01)
44	4/IX	21	65	15	76	102.8	13	60	(.04)
44	4/IX	21	65	15	76	102.8	13	60	(.04)
45	10/VI	18	55	6	100	99.0	28	M	<0.25
45	16/VII	19	60	18	73	101.1	45	60	(<0.01)
45	30/VII	17	66	16	62	101.3	30-40	60	(<0.01)
45	30/VII	17	64	16	62	101.3	30-40	170	(<0.01)
46*	22/V	24	45	16	41	101.4	10	60	(.04)
46	3/VI	23	55	18	45	101.3	37	60	(0.01)
46	15/VII	18	70	16	96	101.7		60	(.03)
46	25/VIII	20	70	9	83	101.2	30	60	(0.01)
47	20/V	19	50	15	40	101.1	28	60	(0.01)
47	9/VI	19	58	9	81	99.2	24	60	(.01)
47	1/VII	23	66	22	79	102.9	35	60	(.06)
47	4/VIII	28	58	22	68	102.0	28	180	.068
48	11/VI	19	57	6	92	98.8	36	60	<0.01
48	16/VII	20	64	19	69	101.1	37	60	<0.01
48	16/VII	20	64	19	69	101.1	37	60	<0.01
48	23/VII	22	60	19	69	101.1	37	60	<0.01

Table 1 (cont'd)

House #*	Date (1981)	Indoor T(°C)	Indoor %RH	Outdoor T(°C)	Outdoor %RH	At. Press kPa	Wind Sp. kph	Sample[1] Vol L	Calculated[2] formaldehyde conc (ppm)
49	11/VII	17	60	13	85	100.5	13	50	.08
49	7/VII	19	62	19	93	100.1	14	120	.14
49	4/VIII	22	62	23.5	60	102.1	28	180	.18
49	25/VIII	18	70	9	87	101.1	28	180	.15
50	17/VII	21	64	13	79	101.7	6	60	.08
50	18/VII	20	62	21	56	102.1	12	190	.035
50	25/VII	20	55	21	39	102.2	17	120	(.020)
50	25/VII	20	58	21	50	102.2	20	180	(.010)

NOTES: * Houses denoted by an asterisk are control houses not having UFFI.

1. A flow rate of 1.0 L min^{-1} was used for the NIOSH determinations listed in this Table. The symbol "M" denotes those determinations in which only the Miran 1A instrument was employed, and the lower limit of detection is taken to be 0.25 ppm.

2. Values indicated in parentheses represent those determinations for which the NIOSH criterion of a difference of 0.050 Absorbance units above the blank was not satisfied.

Table 2

EFFECT OF DIFFERENT FLOW RATES ON THE NIOSH DETERMINATIONS

Expt #	Sampling Rate	Length of Sampling* (min)	Calculated Formaldehyde ppm	
1	1.0 L/min	90	0.16	0.15 ± 0.01
	0.75 L/min	90	0.14	
2	0.1 L/min	90	0.088	0.091 ± 0.003
	0.75 L/min	90	0.094	
3	1.0 L/min	90	0.092	0.10 ± 0.009
	0.75 L/min	90	0.11	
4	1.0 L/min	90	0.091	0.090 ± 0.001
	0.75 L/min	90	0.089	
5	1.0 L/min	90	0.089	0.090 ± 0.01
	0.50 L/min	90	0.092	
6	1.0 L/min	120	0.107	0.106 ± 0.001
	0.50 L/min	120	0.105	

* These determinations were conducted in the same environments simultaneously as though replicates

Table 3

MIRAN ABSORBANCE UNITS VS NIOSH-DETERMINED LEVELS

House	Date of Test	Mean Miran Absorbance Units*	NIOSH ppm
4	1/VI	3.0	0.11
5	25/V	0	(0.04)
6	1/VI	4.0	(0.02)
7	1/VI	1.5	0.05
8	5/V	0	(0.04)
11	2/VI	2.5	(0.03)
13	15/VI	1.5	0.07
13	25/VIII	1	0.07
14	17/VI	3.5	(0.02)
15	11/VI	3.5	(0.01)
16	25/V	2.5	0.07
17	22/V	0	0.06
19	11/VII	2.5	0.09
20	20/V	1.5	(0.03)
20	9/VII	2.0	0.08
21	17/V	2.0	(0.01)
22	26/V	3.0	(0.01)
23	2/VI	3.0	0.09
25	11/VII	0	(0.01)
28	15/V	9.0	0.16
29	2/VII	10	(0.01)
31	22/V	0	(0.04)
32	15/V	3.0	0.10
34	26/V	2.0	(0.02)
36	29/V	4.0	0.06
40	12/VI	2.0	0.06
42	21/VII	0	(0.01)
44	2/VI	1.5	(0.01)
46	3/VI	2	0.01
47	15/V	1	0.01
48	11/VI	5	0.01
49	25/VIII	3	0.15

* Arbitrary units.

Table 4

DUPONT PRO-TEK[R] C-60 FORMALDEHYDE AIR MONITORING BADGES: FIELD EVALUATION

Badge #[1]	RECIPIENT[2]	LOCATION	ABS[3]	TIME(h)	TWA(ppm)	NIOSH(ppm)
71961-C(M)	1	Body	0.071	24h	0.053	-
71962-C(M)	1	Wall	0.125	24	0.092	-
71963-C(M)	2	Wall	0.114	24	0.084	-
71964-C(M)	2	Body	0.187	24	0.138	-
71965-C(M)	3	Wall(b)	0.575	72	0.141	-
71966-C(M)	3	Body	0.36	72	0.088	-
71967-C(M)	4	Wall	0.725	24	0.534/0.489	-
71968-C(M)	4	Body	0.46	24	0.339	-
71979-C(M)	5	.	not returned			-
71980-C(M)	5	.				-
71111-C(M)	6	Body	0.147	24	0.108	-
71112-C(M)	6	Wall	0	24	0	-
71113-C(M)	7	Body	0.175	24	0.128	-
71114-C(M)	7	Wall	0.215	24	0.158	-
71051-C(M)	8	?	0.054	24	0.040	-
71052-C(M)	8	?	0.020	24	0.015	-
71847-C(M)	9	Body	0.068	24	0.050	-
71848-C(M)	9	Wall	0.105	24	0.077	-
71844-C(M)	10	Body	0.515	72	0.126	-
71845-C(M)	10	Wall	0.558	72	0.136	-
71115-C(M)	11	Body	0.330	26	0.224	
71116-C(M)	11(37)	Wall	0.355	26	0.240	0.090 (1h)
75787-C(P)	11	Wall	0.140	24	0.098	
71117-C(M)	12	?	0.080	24.5	0.058/0.068	
71118-C(M)	12(30)	?	0.030	24.5	0.022	0.066 (3h)
75783-C(P)	12	Wall	0.075	24	0.055	
71119-C(M)	13	Wall	0.190	24	0.139	
71120-C(M)	13(15)	Body	0.210	24	0.155	0.018 (24h)
(P)	13	Wall	damaged	24	-	
75761-C(M)	14	Wall	0.154	26.5	0.103	
75762-C(M)	14(26)	Body	0.086	26.5	0.057	0.02 (3h)
71057-C(P)	14	Wall	0.106	24	0.078	

Table 4 Cont'd

Badge #[1]	RECIPIENT[2]	LOCATION	ABS[3]	TIME(h)	TWA(ppm)	NIOSH(ppm)
75763-C(M)	15	Wall	1.10	168	0.116	
75764-C(M)	15(24)	Wall	0.92	168	0.097	0.150 (1h)
75765-C(M)	16	Body	0.136	25.25	0.095	
75766-C(M)	16(35)	Wall	0.128	25.25	0.089	0.030 (25½h)
75784-C(P)	16	Wall	0.050	24	0.036	
75767-C(M)	17	Wall	0.390	24	0.287	0.063 (8h)
75768-C(M)	17(39)	Body	0.30	24	0.221	0.066 (24h)
75786-C(P)	17	Wall	0.115	24	0.085	
75769-C(M)*	18	Body	0.420	72	0.103	0.08 (1h)
75770-C(M)*	18(13)	Wall	1.115	168	0.105	
71071-C(P)	18	Wall	1.085	168	0.114	
71821-C(M)	19	not returned				
71822-C(M)	19(17)					
71058 (P)	19	Wall	0.22	24	0.16	0.062
71823-C(M)	20	Body	0.280	48	0.103	
71824 (M)	20(31)	Drape	0.240	48	0.088	0.12
71060 (P)	20	Drape	0.335	48	0.123	
71041-C(X)	20	Drape	0.245	168	0.0257	-
71825-C(M)	21	Wall	0.248	24	0.173	
71826-C(M)	21(14)	Body	0.575	24	0.428	0.064 (5½h)
75785-C(P)	21	Wall	0.130	24	0.096	
71827-C(M)	22	Body	0.20	24	0.15	
71828-C(M)	22	Wall	0.20	24	0.15	0.076 (3h)
71059-C(P)	22	Wall	0.305	24	0.225	
17829-C(M)	23	Wall	0.11	24	0.081	
17830-C(M)	23(1)	Body	0.073	24	0.054	0.045 (4h)
75790-C(P)	23	Wall	0.176	24	0.129	
75751-C(M)	24	?	0.078	24	0.057	
75752-C(M)	24(2)	?	0.094	24	0.069	0.029 (3h)
? (P)	damaged					
75753-C(M)	25	Body	0.215	27	0.141	0.04 (1h)
75754-C(M)	25(7)	Wall	0.185	27	0.121	
75755-C(M)	26	not returned				
75756-C(M)	26(9)					
75757-C(M)	27	Body	0.069	96	0.013	
75758-C(M)	27(46)	Wall	0.125	116	0.019	0.03 (1h)

Table 4 Cont'd

Badge #[1]	RECIPIENT[2]	LOCATION	ABS[3]	TIME(h)	TWA(ppm)	NIOSH(ppm)
75759-C(M)	28	Body	0.33	26.5	0.24	
75760-C(M)	28(41)	Wall	0.25	26.5	0.184	0.068 (24h)
75782-C(P)	28	Body	0.038	24	0.107	
71053-C(M)	29	Body	0.167	24	0.123	
71054-C(M)	29(49)	Wall	0.218	24	0.166	0.097
75788-C(P)	29	Wall	0.14	24	0.10	
71055-C(M)	30	damaged				
71056-C(M)	30(42)	?	0.33	72	0.081	0.010
71841-C(P)	30	Wall	0.155	72	0.038	
71849-C(P)	31	L/R Wall	0.69	171.5	0.073	(0.08)
71850-C(P)	31(19)	B/R Wall	0.83	171.5	0.087	0.090
71842-C(P)	32	Table/ vertical	0.99	0	0.105	0.138
71843-C(P)	32(20)	Table/ Horizontal	1.19		0.125	
71071-C(P)	33(20)	UFFI Wall	1.54	168	0.157	0.083 (25½h)
71073-C(P)	33	non UFFI Wall	1.45	168	0.148	0.109 (3h)
71074-C(P)	34(50)	Wall	0.285	144	0.035	0.035 (3½)
71075-C(M)	34	Wall	0.335	144	0.041	
71077-C(P)	35	Wall	0.675	168	0.082	0.059* (3h)
71078-C(P)	36	Wall	0.785	192	0.070	0.069* (3h)
71049-C(P)	37	Wall B/R	0.265	107	0.044	0.040 (1h)
71050-C(P)	37(20)	Wall	0.245	107	0.040	
71076-C(P)	38(20)	½" from Wall	1.22	147	0.146	0.088 (1h)
71048-C(P)	38	½" from Wall	0.80	147	0.096	

1. (M) = Badges mailed to and from homeowners; (P) = Badges carried to test homes, deployed and returned by field team.

2. Badges were mailed out at random. Numbers in parentheses refer to house number code used in general survey see Table 2.

3. Absorbances were determined on a u.v. spectrophotometer using 40 mm micro-cells and in a dual-beam mode with an unexposed badge solution serving as the blank.

Table 5

SOME HOME CHARACTERISTICS AND HIGHEST MEASURED NIOSH LEVEL

House #	Date of UFFI Installation	Age of House (years)	Type of UFFI	Highest NIOSH level (ppm)
1	1974	22	Rapco	0.045
2	1977	30	Borden	0.029
3	1979	20	Borden	0.058
4	1979	3	Rapco	0.11
5	1978	80	Rapco	(0.04)
6	1979	40	Borden	(0.04)
7	1978	44	Rapco	0.05
8	1979	80	Rapco	(0.04)
9	1979	60	Rapco	0.10
10	1978	60	Rapco	ND
11	1979	35	Rapco	0.076
12	1979	46	Rapco	0.11
13	1979	70	Rapco	0.085
14	1979	39	Rapco	0.081
15	1975	37	Borden	(0.04)
16	1979	42	Borden	0.11
17	1978	35	Rapco	0.07
18	1973	60	Borden	(0.05)
19	1979	60	Rapco	0.11
20	1979	60	Rapco	0.13
21	1976	140	Rapco	0.036
22	1978	50	Rapco	(0.01)
23	1979	140	Rapco	0.22
24	1979	31	Borden	0.36
25	Control	60	Control	(0.01)
26	Control	100	Control	(0.02)
27	1978	80	Rapco	0.066
28	1979	30	Rapco	0.16
29	Control	8	Control	(0.01)
30	1979	70	Rapco	0.066
31	1979	80	Borden	0.12
32	1978	60	Rapco	0.10
33	Control	100	Control	(0.014)
34	1974	45	Borden	0.07
35	1978	80	Rapco	(0.06)
36	1978	30	Rapco	0.08
37	1978	30	Rapco	0.09
38	1978	37	Borden	(0.05)
39	1979	40	Rapco	0.07
40	1977	60	Borden	0.06
41	1978	40	Rapco	0.068
42	Control	100	Control	(0.017)
43	1975	31	Borden	(0.06)

Table 5 Cont'd

House #	Date of UFFI Installation	Age of House (years)	Type of UFFI	Highest NIOSH level (ppm)
44	1974	36	Rapco	(0.04)
45	1978	45	Rapco	(0.01)
46	Control	32	Control	(0.03)
47	1978	80	Rapco	0.068
48	1978	50	Borden	(0.01)
49	1979	50	Rapco	0.14
50	1978	60	Borden	0.07

FIGURE 1

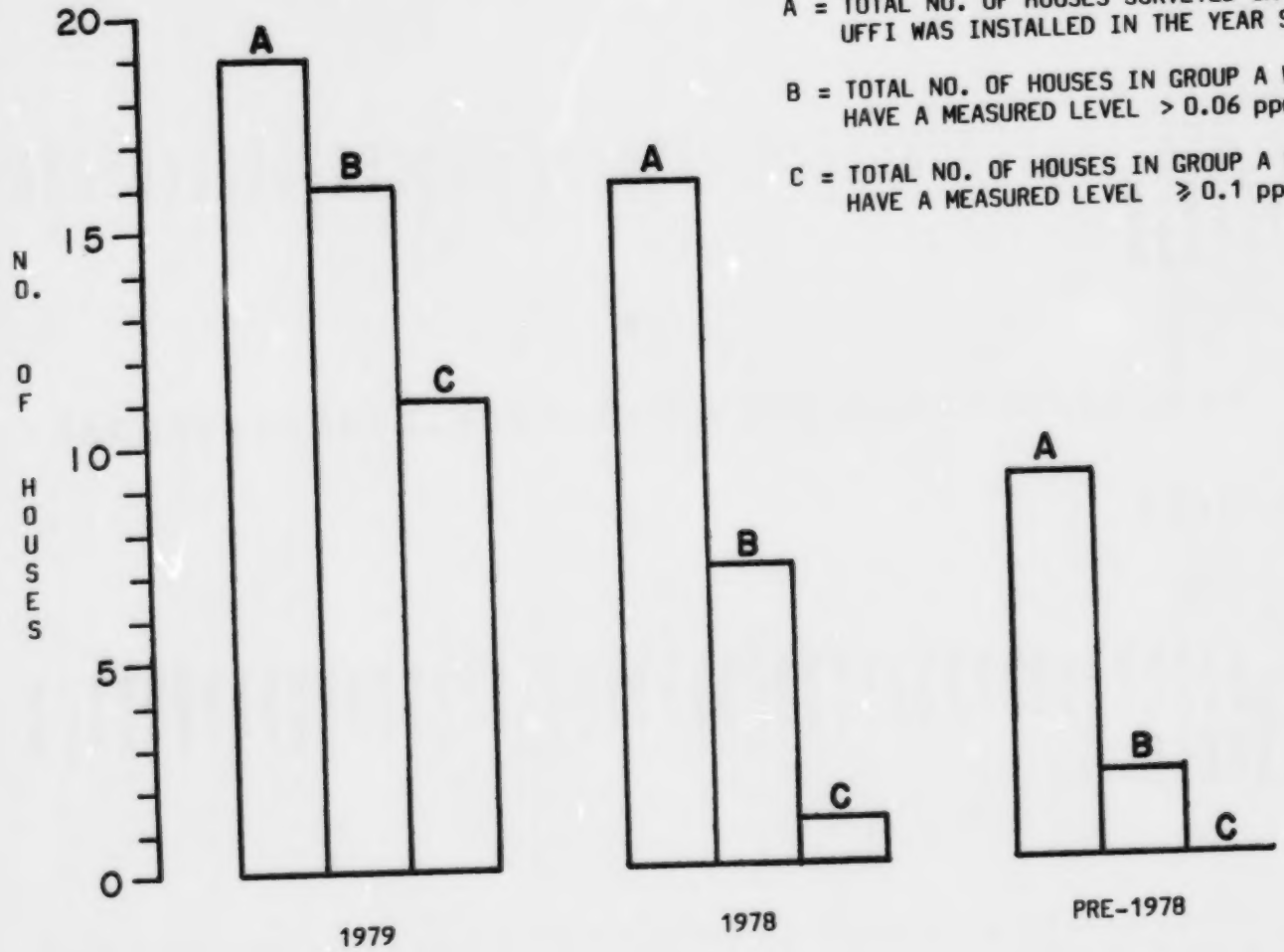
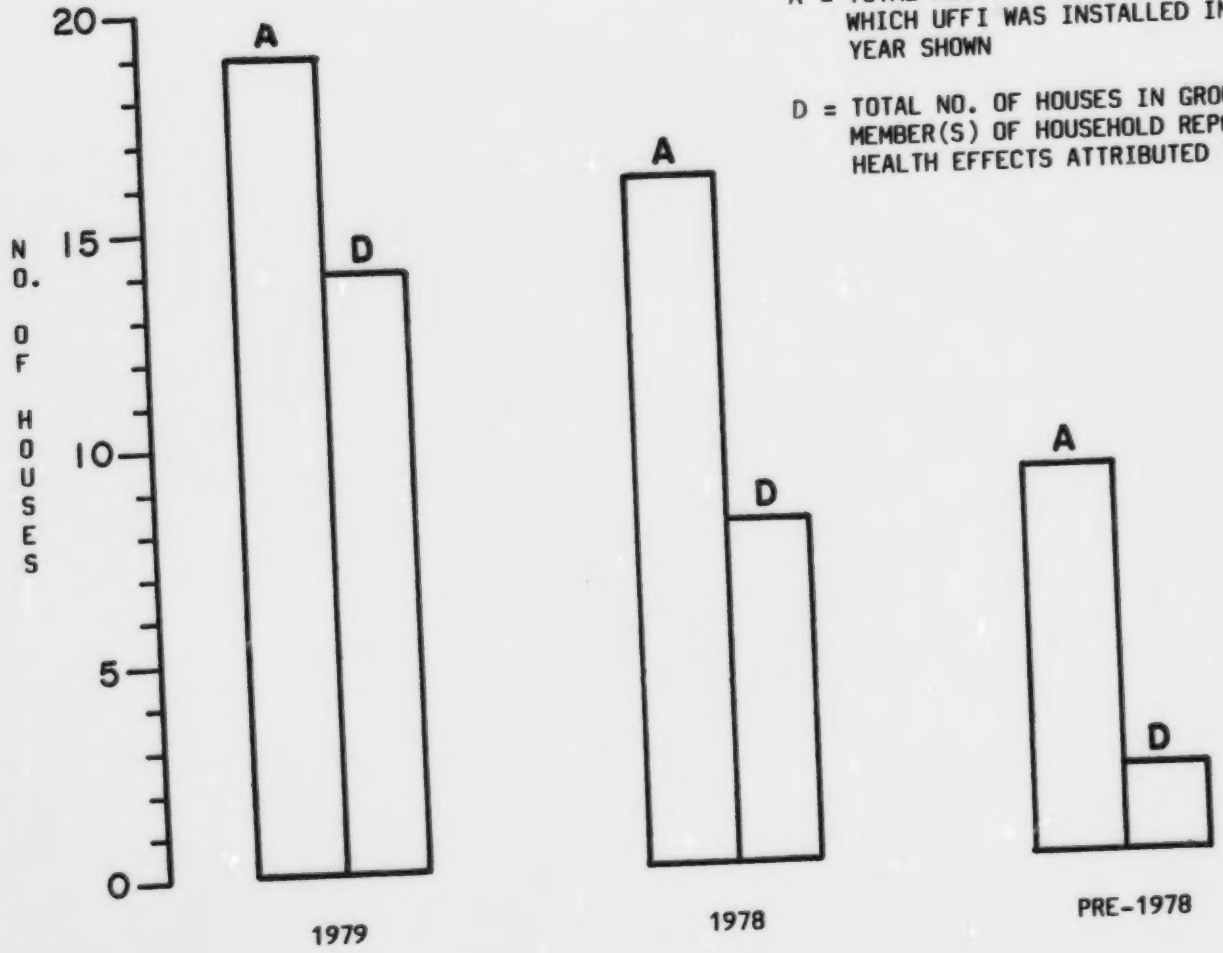

A = TOTAL NO. OF HOUSES SURVEYED IN WHICH UFFI WAS INSTALLED IN THE YEAR SHOWN.
B = TOTAL NO. OF HOUSES IN GROUP A WHICH HAVE A MEASURED LEVEL > 0.06 ppm.
C = TOTAL NO. OF HOUSES IN GROUP A WHICH HAVE A MEASURED LEVEL ≥ 0.1 ppm
NO. OF HOUSES
20
15
10
5
0
A
B
C
1979
1978
PRE-1978
YEAR OF UFFI INSTALLATION

FIGURE 2


A = TOTAL NO. OF HOUSES SURVEYED IN WHICH UFFI WAS INSTALLED IN THE YEAR SHOWN
D = TOTAL NO. OF HOUSES IN GROUP A IN WHICH MEMBER(S) OF HOUSEHOLD REPORTED HEALTH EFFECTS ATTRIBUTED TO UFFI
NO. OF HOUSES
20
15
10
5
0
A
D
1979
1978
PRE-1978
YEAR OF UFFI INSTALLATION

erin

ENQUÊTE SUR LES CONCENTRATIONS DE GAZ FORMALDÉHYDE DANS LES MAISONS DE SAINT-JEAN (TERRE-NEUVE)

Direction de l'hygiène du milieu
Direction générale de la protection de la santé

Publication autorisée par le
Ministre de la Santé nationale et du Bien-être social

82-DHM-83

VOUS POUVEZ VOUS PROCURER DES EXEMPLAIRES
DE CE RAPPORT AUPRÈS DE LA

Direction des affaires publiques
Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social
5e étage
Immeuble Brooke Claxton
OTTAWA K1A 0K9

Also available in English under the title
"An Investigation of Formaldehyde Gas Levels in Houses in St. John's, Newfoundland"

DOCUMENT PRÉPARÉ SOUS CONTRAT PAR

GEORTEC LIMITED
JUIN 1982
P.E. GEORGHIOU
D. SNOW

LES CONCLUSIONS ET LES RECOMMANDATIONS DU PRÉSENT RAPPORT REPRÉSENTENT L'OPINION DU CONTRACTANT ET NE REFLÈTENT PAS NÉCESSAIREMENT LES VUES DU MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DU BIEN-ÊTRE SOCIAL

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
PRINCIPE DE LA MÉTHODE P&CAM 125 DU NIOSH	2
Résultats et discussion	3
PRINCIPE DE L'ANALYSEUR DE GAZ MIRAN 1A À USAGE MULTIPLE	5
Résultats et discussion	5
PRINCIPE DE L'ANALYSEUR D'AIR CEA 555	9
Résultats et discussion	9
PRINCIPE DU COLLECTEUR DE FORMALDÉHYDE DANS L'AIR (DOSIMÈTRE), PRO-TEK (MD) DE DU PONT, SÉRIE II, TYPE C-60	11
Résultats et discussion	11
RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE	14
CONCLUSIONS	17
RÉFÉRENCES	18

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

		Page
Tableau 1:	RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE	19
Tableau 2:	EFFET DE DIFFÉRENTS DÉBITS SUR LES ANALYSES NIOSH	27
Tableau 3:	UNITÉS D'EXTINCTION MIRAN ET CONCENTRATIONS DÉTERMINÉES PAR LA MÉTHODE NIOSH	28
Tableau 4:	COLLECTEURS (DOSIMÈTRES) DE FORMALDÉHYDE DANS L'AIR, PRO-TEK (MD) C-60 DE DU PONT: ÉVALUATION SUR LE TERRAIN	29
Tableau 5:	CARACTÉRISTIQUES DES MAISONS ET CONCENTRATIONS MAXIMALES MESURÉES PAR LA MÉTHODE NIOSH	32
Figure 1:	CONCENTRATIONS DE FORMALDÉHYDE ET DATES D'INSTALLATION DE LA MIUF	34
Figure 2:	CONCENTRATIONS DE FORMALDÉHYDE ET PLAINTES RELATIVES À LA SANTÉ	35

INTRODUCTION

Les problèmes et risques entraînés par l'émission de gaz formaldéhyde provenant de la mousse isolante d'urée-formaldéhyde (MIUF), et d'autres sources dans des espaces fermés non industriels au Canada, ont fait l'objet d'une documentation abondante[1, 2, 3], ainsi que de nombreux articles dans les journaux dernièrement. La méthode analytique utilisée jusqu'ici dans la grande majorité des techniques de mesure de la concentration de formaldéhyde était celle de la NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health, États-Unis), Méthode P&CAM 125[4]. La méthode est suffisamment sensible, mais elle est complexe, et il faut beaucoup d'habileté pour effectuer le prélèvement des échantillons sur le terrain, ainsi que pour le traitement ultérieur et l'analyse en laboratoire.

En novembre 1979, nous proposions d'étudier la possibilité d'utiliser d'autres méthodes pour atteindre un niveau de sensibilité et de précision équivalant à celui de la méthode NIOSH, mais exigeant moins d'expérience et moins d'habileté. Ce dernier point est particulièrement important si on considère la nombreuse population à échantillonner. Nous avons proposé d'évaluer sur le terrain l'efficacité d'un spectrophotomètre portatif à faisceau simple dans l'infrarouge, soit l'analyseur de gaz à usage multiple Miran IA, fabriqué par Foxboro Analytical. Dans le cadre de l'étude sur le terrain, les concentrations de formaldéhyde mesurées à l'aide de cet appareil allaient être comparées aux concentrations déterminées simultanément par la méthode NIOSH. L'appareil serait évalué d'après l'étude d'un groupe de 50 maisons de St-Jean, analysées jusqu'à quatre fois. De plus, une enquête restreinte portant sur les caractéristiques pertinentes des maisons à l'étude serait menée grâce à un questionnaire devant être rempli par les propriétaires.

Déjà après l'examen de 30 maisons, nous avons constaté qu'il n'existait aucune corrélation acceptable entre les concentrations NIOSH et Miran. Les concentrations de formaldéhyde observées dans la plupart des cas se situaient en-dessous des limites de sensibilité et de précision du Miran; de plus, la méthode dans l'infrarouge fut également sensible à des interférences non identifiées. L'étude fut donc élargie de façon à englober une évaluation limitée, sur le terrain, d'un autre analyseur utilisable sur place, soit le CEA 555, ainsi que le prototype d'un dosimètre pour le formaldéhyde: le "Pro-Tek" C-60 Formaldehyde Air Monitoring Badge, de Du Pont. Enfin, l'étude devait permettre de déterminer d'autres applications pour le Miran.

PRINCIPE DE LA MÉTHODE P&CAM 125[4] DU NIOSH

On fait barboter un volume connu de l'air à échantillonner, à une vitesse de 1,0 $L.min^{-1}$, à travers deux épurateurs en verre à impact, disposés en série, et qui renferment chacun 20 mL d'eau distillée. Le premier épurateur est censé pouvoir fixer de 80 à 100 pour cent du formaldéhyde dans l'air en l'espace de 1 à 3 heures. Le second épurateur sert donc à piéger la quantité résiduelle de formaldéhyde présente dans l'air. Les solutions ainsi obtenues sont transférées chacune dans des tubes de culture d'une capacité de 25 mL. L'intérieur et la tige des épurateurs sont rincés une ou deux fois avec des fractions de 1-2 mL d'eau distillée, grâce à une pissette en polyéthylène, ces eaux de lavage étant ajoutées aux tubes de culture respectifs, lesquels sont ensuite scellés à l'aide d'une pellicule de paraffine, puis fermés avec des bouchons vissés. Pour chaque analyse sur le terrain, on prépare également un blanc de terrain. Avant l'analyse, qui devrait être conduite idéalement moins de 72 heures après le prélèvement de l'échantillon, les volumes de solution sont ajustés à 25 mL pour des raisons de normalisation.

Des fractions de 2 ou 4 mL de ces solutions sont prélevées et traitées avec 0,1 mL (ou 0,2 mL) d'une solution aqueuse 1 pour cent d'acide chromotropique. Les solutions sont énergiquement agitées au moyen d'un mélangeur à vortex, puis additionnées de 3,0 mL (ou 6,0 mL) d'acide sulfurique concentré. Après refroidissement de la solution à la température de la pièce, la densité optique de l'agent chromogène pourpre qui s'est formé, est mesurée à 580 nm; elle est propotionnelle à la concentration de formaldéhyde dans la solution. La concentration peut ensuite être déterminée sur une courbe d'étalonnage, tracée quotidiennement grâce à des solutions étalons de formaldéhyde.

Appareillage

Tout au long de l'étude on s'est servi d'épurateurs miniatures normalisés, en verre, d'une capacité de 25 à 30 mL. Lorsque deux épurateurs étaient disposés en série, on les reliait l'un à l'autre ainsi qu'à la pompe d'échantillonnage, au moyen de tubes de tygon d'une longueur de 15 cm. Une pompe Bendix Super Sampler BDX-60 ou une pompe LaMotte modèle BD, code 1944, était utilisée pour l'échantillonnage de l'air. Ces pompes furent étalonnées au départ au moyen d'un "Wet Test Meter" (compteur-contrôleur par voie humide) de la Precision Scientific Co., puis quotidiennement au moyen d'un débitmètre à bulles, normalisé et gradué, d'une capacité de 200 cm^3, ou d'un rotamètre étalonné de Matheson, modèle 603. On fit appel à un colorimètre Horizon 5965 utilisant des cuves rondes normalisées de 10 mm; ce colorimètre fut étalonné à l'aide d'un

spectro-photomètre Perkin-Elmer Hitachi 139 UV-VIS. Un grand nombre d'analyses furent aussi effectuées grâce au spectrophotomètre PE-Hitachi, avec des cuves normalisées de 10-40 mm.

Résultats et discussion

Les courbes d'étalonnage obtenues accusaient généralement des pentes comprises entre 0,22 et 0,16 UE.mL. μg^{-1} (unités d'extinction/microgramme par millilitre) dans le cas du colorimètre Horizon utilisant des cuves de 10 mm; et des pentes de 0,50 à 0,42 UE.mL. μg^{-1} pour le PE-Hitachi 139, utilisant des cuves de 20 mm. Le Tableau 1 résume les résultats de notre étude par la méthode NIOSH.

D'après la documentation, la méthode NIOSH permettrait de déceler de 0,10 $\mu g.mL^{-1}$ à 2,0 $\mu g.mL^{-1}$, la limite inférieure de sensibilité étant la valeur d'extinction de la solution résultante du produit chromogène dépassant de 0,050 UE l'extinction du blanc. En principe, une plus grande sensibilité par rapport à un blanc peut être obtenue grâce à des temps d'échantillonnage plus longs, ce qui permet d'accroître la quantité totale de formaldéhyde fixée, en supposant qu'il y a proportionnalité par rapport au temps; ou encore par augmentation de la longueur de parcours des cuves spectrophotométriques utilisées pour les analyses. Par exemple, une courbe d'étalonnage obtenue avec des cuves de 10 mm dans nos laboratoires a une pente de l'ordre de 0,20 UE.mL. μg^{-1}, comparativement à 0,42 UE.mL. μg^{-1} pour des cuves de 20 mm, et de 0,66 UE.mL. μg^{-1} dans le cas de cuves de 40 mm*. À partir de ces pentes, des points d'intersection correspondants, et du critère de sensibilité de la méthode NIOSH, la limite de détection pour un échantillon d'air de 60 L est de 0,085 ppm avec des cuves de 10 mm; 0,040 ppm pour des cuves de 20 mm, et 0,026 ppm dans le cas de cuves de 40 mm.

La concentration de formaldéhyde peut être déterminée avec une précision de l'ordre de ±5 pour cent entre deux analyses, en dépit du fait que la densité optique pour le produit chromogène se situe en dessous de la norme NIOSH. Ainsi, au Tableau 1, nous avons présenté les valeurs pour lesquelles les valeurs d'extinction étaient de moins de 0,050 UE au-dessus du blanc de terrain, mais nous avons mentionné les valeurs calculées, entre parenthèses.

*REMARQUE: La loi de Beer devrait en principe s'appliquer, mais les valeurs données ici ont été obtenues avec différents instruments et avec différentes solutions d'étalonnage.

R. Miksch du Lawrence Berkley Laboratory a récemment proposé une méthode NIOSH modifiée[5]. Cette méthode emploie une solution aqueuse de bisulfite de sodium 1 pour cent fraîchement préparée, comme milieu de fixation dans les épurateurs; de plus, la méthode possède une technique normalisée pour le mode de prélèvement des échantillons de gaz et pour le transfert des solutions résultantes. La courbe d'étalonnage est obtenue à partir d'une solution étalon préparée avec du formaldéhyde bisulfite de sodium solide. Nous avons expérimenté cette méthode et avons constaté qu'elle offrait certains avantages pratiques, et particulièrement la normalisation du prélèvement d'échantillons sur le terrain. Cependant, il n'y eut pas d'augmentation sensible de la fixation de formaldéhyde lors d'expériences conduites sur le terrain et en laboratoire. Nous avons observé des variations plus nettes pour un même échantillon avec la méthode au bisulfite de sodium. Par ailleurs, la méthode à l'eau distillée a pu être considérablement améliorée, simplement par chauffage pendant 15 minutes de la fraction traitée à l'acide chromotropique et à l'acide sulfurique dans un bain d'eau bouillante. Des tubes à essai dont les ouvertures sont recouvertes de parafilm, ou des tubes de culture fermés par des bouchons vissés, revêtus de téflon, peuvent être utilisés pour chauffer les solutions. On a constaté qu'avec la méthode initiale, la chaleur générée par l'admission d'acide sulfurique concentrée était trop variable, et qu'il y avait des fluctuations plus grandes pour un même échantillon lors des analyses lorsque les solutions n'étaient pas chauffées. Des essais furent ensuite effectués pour déterminer les débits optimaux de pompage. Aucun écart significatif ne fut noté dans des échantillonnages simultanés pour des échantillons prélevés à des débits de 0,50 $L.min^{-1}$, 0,75 $L.min^{-1}$, ou 1,0 $L.min^{-1}$, pendant des laps de temps appropriés (voir Tableau 2). Pour les périodes d'échantillonnage plus longues (3-24 h), nous conseillons un débit de 0,50 $L.min^{-1}$ du fait qu'une quantité moindre de formaldéhyde passe le premier épurateur, comme le montrent les quantités relatives de formaldéhyde fixées dans le second épurateur.

On s'est beaucoup préoccupé au sujet de l'efficacité de la méthode NIOSH pour la fixation de formaldéhyde ambiant à mesure qu'il est pompé dans l'épurateur rempli de liquide. Deux expériences nous ont permis de confirmer l'efficacité de la fixation. Ces expériences sont décrites dans le présent rapport.

PRINCIPE DE L'ANALYSEUR DE GAZ MIRAN 1A À USAGE MULTIPLE

L'analyseur de gaz Miran 1A à usage multiple, fabriqué par Foxboro Analytical, est un spectrophotomètre portatif à faisceau simple pour l'infra-rouge. Il est constitué d'un analyseur dans lequel est produite de la lumière infra-rouge, laquelle passe à travers un filtre qui sélectionne la longueur d'onde requise. La lumière de longueur d'onde voulue (pour le formaldéhyde, une longueur de 3,58 nm correspond à la vibration par translation de sa liaison C-H) passe ensuite dans la cuve de gaz qui renferme l'échantillon d'air à analyser. L'appareil comprend également une pompe qui envoie l'air dans la cuve à un débit de 30 $L.min^{-1}$. Dans la cuve, la lumière infra-rouge est réfléchie plusieurs fois à travers l'échantillon grâce à des miroirs disposés de façon appropriée. En ajustant les miroirs, le nombre de réflexions de la lumière à travers l'échantillon peut être diminué ou augmenté de façon à atteindre des parcours réels compris entre 0,75 et 20,25 m, par intervalles de 1,5 m. Ainsi, l'augmentation du nombre de réflexions entraîne un accroissement de l'énergie absorbée par l'échantillon avant que la lumière n'atteigne le détecteur.

L'énergie de la lumière atteignant le détecteur est transformée en signal électrique pouvant être amplifié et transmis à un compteur ou à un appareil enregistreur. La quantité d'énergie infra-rouge absorbée par les molécules avec lesquelles entre en collision en faisceau de lumière infra-rouge est fonction à la fois de la concentration des molécules absorbantes et du parcours, selon la loi de Beer:

$$A = abc$$

où A = extinction; a = coefficient d'extinction spécifique;
b = parcours; et c = concentration.

Résultats et discussion

Le Miran doit d'abord être étalonné en mesurant l'extinction à des concentrations connues de formaldéhyde. Un système d'étalonnage à boucle (circuit fermé) est connecté au Miran, et des quantités connues de formaldéhyde sont injectées dans la boucle, avec lecture des extinctions correspondantes. Nous avons utilisé une variante de la méthode de l'espace de tête de Foxboro[6] afin d'obtenir des analyses plus précises et reproductibles pour les faibles concentrations de formaldéhyde. Ainsi, une courte section de tube en tygon à paroi épaisse est employée à la place du tube en téflon normalement utilisé avec le dispositif à boucle. De cette façon, nous avons pu insérer l'aiguille d'une seringue d'une capacité de 1 microlitre, contenant des quantités de 5-10 µL d'une solution de

formaldéhyde exempte de méthanol (obtenue à partir de paraformaldéhyde et d'eau), directement dans le tube, et introduire lentement des fractions données d'une solution dont la concentration pouvait être déterminée de façon exacte à l'aide de la méthode iodométrique normalisée. La solution, dont les quantités étaient petites relativement au volume du système d'étalonnage en boucle, s'est rapidement volatilisée, et l'extinction à 3,58 nm a pu être déterminée à l'aide d'un appareil enregistreur. Ainsi, nous avons trouvé que 0,00425 UE ± 0,000250 (17,5 unités d'enregistreur ±1,0), en utilisant l'écart de sensibilité de 0 - 0,025 UE, correspondait à 1,0 ppm ± 0,10 ppm. Ces valeurs correspondaient bien à celles obtenues par Foxboro Analytical avec leur propre méthode où 1,0 ppm = 0,0044 UE (analyse du 26/5/1978, Foxboro).

Cependant, en ce qui concerne nos données, il faut remarquer que le niveau de bruit de l'appareil était de l'ordre de grandeur des concentrations ambiantes que nous voulions déceler.

Néanmoins, il nous semblait qu'en apportant assez de soins aux analyses sur le terrain, nous serions capables d'observer et d'enregistrer des extinctions significatives, supérieures au niveau 0 de gaz de la ligne de base. À chaque endroit particulier peut être associée une ligne de base grâce à l'utilisation de filtres de charbon préactivés, insérés à l'extrémité du tuyau d'échantillonnage d'entrée. Au laboratoire, on peut démontrer que des filtres de charbon frais ou préactivés (activation à 100°C pendant 6-10 h) étaient extrêmement efficaces pour l'adsorption de formaldéhyde à partir de l'air analysé dans la cuve d'échantillon de gaz. Les expériences ont révélé qu'il n'y avait pas adsorption de vapeur d'eau par le filtre de charbon à partir de l'air échantillonné. (La vapeur d'eau exerce une interférence à la longuer d'onde sélectionnée.) Nous étions donc convaincus qu'une ligne de base appropriée pouvait être obtenue pour chacun des endroits d'échantillonnage, en laissant au Miran 15 à 30 min pour atteindre l'équilibre et en introduisant le filtre de charbon à la partie frontale du tuyau d'entrée, et enfin en échantillonnant de cette façon pendant 5-10 min. Après le repérage d'une ligne de base stable au moyen de l'appareil enregistreur, le filtre de charbon était retiré, tout écart de cette ligne de base pouvant alors être enregistré pendant une période de 5-10 min. Puis le filtre de charbon était réintroduit, et la nouvelle ligne de base repérée.

Le Tableau 3 illustre les valeurs obtenues lorsque les méthodes Miran et NIOSH étaient employées simultanément. Il n'y avait pas une bonne corrélation entre ces deux méthodes aux faibles concentrations de formaldéhyde observées. Il nous semble donc que le Miran n'est pas un indicateur fiable pour déceler des concentrations inférieures à

0,20-0,25 ppm de formaldéhyde dans l'air. Le bruit de l'appareil et la dérive normale de la ligne de base sont du même ordre de grandeur. De plus, le Miran semble également sensible à certaines interférences non caractérisées, dues probablement à des hydrocarbures, comme l'illustre le Tableau 2, avec les maisons nº 28 et nº 29. Le Miran ne convient donc ni pour une analyse unique et ponctuelle, ni pour la mesure à long terme des concentrations de formaldéhyde dans l'air intérieur d'une maison.

Cependant, nous avons noté plusieurs applications très utiles pour le Miran. On sait que les concentrations de formaldéhyde dans la cavité des murs sont beaucoup plus élevées que celles décelées habituellement dans les pièces. On s'est donc servi du Miran pour mesurer directement les niveaux de formaldéhyde à l'intérieur des murs.

Dans une série d'expériences conduites en juillet et en août, le Miran fut connecté à une cavité murale par l'intermédiaire d'une courte section de tube en tygon, renfermant un simple filtre d'automobile. La cavité murale put ainsi être observée de façon continue pendant une période de 48 à 72 h. Les gaz libérés furent ventilés à partir de l'orifice de sortie jusqu'à l'extérieur au moyen d'un tube en tygon de 10 à 15 m. Il y avait augmentation nette et régulière de l'extinction par l'air échantillonné provenant de la cavité murale à mesure que la paroi externe était chauffée par le soleil, ce qui indiquait un dégagement croissant de formaldéhyde. Les concentrations indiquées étaient en bonne corrélation avec celles déterminées par la méthode NIOSH pour la même cavité, avec le même trou.

Parallèlement, des échantillons de 1,0 h d'air de la pièce furent prélevés. La fluctuation des concentrations de formaldéhyde dans l'air de la pièce, déterminées de cette façon, était très proche de celle observée pour la cavité murale, même s'il semblait y avoir un certain décalage. À mesure que les parois externes refroidissaient, les concentrations de formaldéhyde observées diminuaient aussi bien dans la cavité murale, comme le montrait le Miran, que dans l'air de la pièce, comme le révélait la méthode NIOSH classique. En fait, nous pûmes observer de façon évidente l'effet de la lumière solaire sur les parois extérieures, et l'augmentation résultante des concentrations de formaldéhyde dans l'air de la pièce correspondante. L'effet peut être assez grave, car à plusieurs reprises nous avons pu observer des concentrations 2 à 3 fois plus élevées de formaldéhyde par la méthode NIOSH, dans l'une des parties de la maison, alors que la température et l'humidité internes n'avaient, semble-t-il, pas varié sensiblement.

Autre application importante du Miran: déterminer la corrélation entre les tubes de formaldéhyde Drager et les concentrations déterminées par la méthode NIOSH. Un rapport sur cette étude parallèle a déjà été présenté au CNRC.

Pour cette étude nous avons utilisé le Miran comme pompe d'échantillonnage, en connectant une vanne à pointeau en série avec la pompe du Miran et un épurateur. L'épurateur était à son tour connecté à la cavité murale par un tube en tygon contenant le filtre. Avec le débitmètre à bulles, nous avons obtenu un débit de 1,0 $L.min^{-1}$ dans l'épurateur qui au départ ne contenait pas d'eau distillée. Cela entraînait un processus d'extinction dû au formaldéhyde libéré par la cavité murale, extinction qui était mesurée sur un appareil enregistreur. On a ainsi pu observer une concentration d'environ 2,0 ppm. L'épurateur fut ensuite rempli avec 20 mL d'eau distillée afin de fixer le formaldéhyde libéré. Il y eut pratiquement disparition de l'extinction, et la ligne de base 0 fut maintenue pendant une période d'échantillonnage de 1 h. Étant donné que le bruit de l'appareil est de l'ordre de ± 0,2 ppm, on peut en conclure que l'épurateur unique peut fixer plus de 90 pour cent de formaldéhyde. Nous possédions donc une preuve visuelle directe de l'efficacité de fixation par la méthode NIOSH (nous sommes arrivés au même résultat en utilisant l'appareil CEA 555 selon le même mode).

Nous nous servions du Miran dans une pièce expérimentale où des quantités connues de paraformaldéhyde avaient été volatilisées, la concentration de ce produit dans l'air de la pièce pouvant donc être calculée. Des mesures par la méthode NIOSH étaient effectuées simultanément. Le Miran montrait très nettement qu'il y avait diminution de la concentration de formaldéhyde au cours d'une période de 3 h, probablement en raison du changement d'air à l'intérieur de la pièce. Cependant, l'extinction au Miran, proportionnellement au temps, était en bonne corrélation ave le niveau déterminé selon la technique NIOSH durant le même laps de temps. Il était donc possible d'utiliser le Miran pour déterminer les taux de ventilation et, à cet égard, nous avons relevé dans une récente publication par R. Mikasch[7], qu'un appareil du même type avait servi à cette même fin, l'hexafluorure de soufre jouant le rôle de gaz traceur[8]. Nos propres résultats montrent qu'un hydrocarbure comme le propane, ou un alcool volatil, comme l'éthanol ou l'isopropanol, sont tout aussi efficaces comme traceurs. Il est donc possible d'observer directement la vitesse de diminution de l'extinction, étant donné la quantité connue du composé employé comme traceur dans la pièce expérimentale.

PRINCIPE DE L'ANALYSEUR D'AIR CEA 555

L'analyseur d'air CEA 555 est un colorimètre portatif automatique pouvant servir à mesurer divers gaz, y compris le formaldéhyde, lors de l'analyse de produits chimiques par voie humide. L'échantillon d'air à analyser est aspiré dans l'appareil grâce à une pompe à vide interne, puis à travers une colonne absorbante hélicoïdale en verre, à contact gaz-liquide. Une solution absorbante de tétrachloromercurate de sodium, contenant une quantité donnée de sulfite de sodium, est introduite en sens inverse dans la colonne pour absorber le formaldéhyde transporté par le courant d'air. La solution résultante est transférée dans le système où elle se combine avec une solution de pararosaniline qui réagit avec le formaldéhyde pour donner une couleur. Le produit chromogène est ensuite transporté jusqu'au colorimètre qui mesure électroniquement la différence de couleur de la solution de pararosaniline ajoutée après réaction avec le formaldéhyde. L'intensité de la couleur formée obéit à la loi de Beer, et à l'aide d'un appareil enregistreur connecté à l'instrument, il est possible de noter cette différence. On compare les résultats obtenus par rapport à une courbe d'étalonnage tracée à l'aide de solutions étalons. Il y a eu une certaine controverse en ce qui concerne le mécanisme de la réaction, et, d'après Miksch[7], il serait possible d'éliminer complètement la solution de tétrachloromercurate de sodium dans la méthode. Il suffirait simplement d'inverser l'ordre d'addition des réactifs, et nous recherchons actuellement la possibilité de ce faire avec le CEA 555.

Résultats et discussion

Jusqu'ici, nous n'avons effectué qu'un nombre limité d'expériences avec le CEA 555 mais, en général, plusieurs des propositions de Matthew[9] nous ont permis d'obtenir une bonne corrélation entre les concentrations de formaldéhyde déterminées par la méthode NIOSH et celles obtenues avec le CEA 555. Cependant, l'appareil requiert beaucoup d'habileté de la part de l'analyste, et les réactifs sont coûteux. En outre, il permet d'analyser au maximum deux maisons par jour, et nous conseillons fortement d'effectuer sur place l'étalonnage pour chaque maison. Le principal avantage du CEA 555 est qu'il permet l'enregistrement direct et visuel, sur place, des concentrations intérieures. De plus, après de légères modifications, cet appareil peut être employé pour mesurer de façon continue les concentrations intérieures non industrielles de formaldéhyde.

Nous avons utilisé le CEA 555 avec un appareil enregistreur lors d'une expérience préliminaire pour déterminer l'efficacité de l'absorption de formaldéhyde par un épurateur contenant de l'eau distillée. (Une expérience semblable avait été effectuée avec le Miran 1A - voir précédemment.) La concentration de ligne de base pour le CEA 555 a été établie à l'aide d'un filtre de charbon, monté à l'entrée de la pompe d'échantillonnage de l'air, laquelle fut réglée à un débit de 0,75 $L.min^{-1}$. On retira ensuite le filtre de charbon, et après environ 10 min, un nouveau niveau fut établi, correspondant à la concentration de gaz formaldéhyde présent dans la pièce analysée. Une courte section de tygon servit à connecter la sortie latérale d'un épurateur en verre contenant 20 mL d'eau distillée, à l'entrée de la pompe d'échantillonnage de l'air. Le débit de l'appareil fut vérifié grâce à un débitmètre à bulles, relié à l'épurateur pendant l'opération. En moins de 10 min, le niveau d'absorption établi pour les concentrations de formaldéhyde de la pièce diminua, pour atteindre la ligne de base de départ. En tenant compte de l'erreur due au bruit de l'appareil, on a pu constaté un rendement de 95 pour cent pour le formaldéhyde fixé par l'eau distillée pendant une période de 1 heure. L'analyse de la solution résultante donna des valeurs qui concordaient avec les concentrations déterminées à l'aide du CEA 555.

PRINCIPE DU COLLECTEUR DE FORMALDÉHYDE DANS L'AIR (DOSIMÈTRE), PRO-TEK (MD) DE DU PONT, SÉRIE II, TYPE C-60

Le collecteur de formaldéhyde Pro-Tek (MD) est un système à diffusion qui recueille le formaldéhyde présent dans l'air. Ce processus s'accomplit grâce à une mèche spécialement conçue, reliée à une poche renfermant environ 2,0 mL d'une solution de bisulfite de sodium 1 pour cent. La mèche absorbe le formaldéhyde de l'air dans lequel le collecteur est installé, et le fixe sous forme de produit d'addition du bisulfite. Les collecteurs sont étalonnés au préalable en usine selon la technique des lots, par analyse des collecteurs du lot qui ont été exposés à des concentrations connues de formaldéhyde pendant un laps de temps donné. Ainsi, chaque lot possède un facteur d'étalonnage spécifique. Les analyses des solutions résultantes sont effectuées par la méthode habituelle à l'acide chromotropique et à l'acide sulfurique. La moyenne pondérée pour le temps (MPT) de la concentration de formaldéhyde est calculée en soustrayant la valeur de l'extinction obtenue pour une solution de collecteurs non exposés, de la valeur d'extinction déterminée pour une solution de collecteurs exposés[10]:

$$\text{MPT ppm} = \frac{\text{extinction échantillon - extinction blanc}}{\text{facteur d'étalonnage x nombre total d'heures d'exposition}}$$

Le facteur d'étalonnage est fonction du parcours dans les cuves employées pour l'analyse à 580 nm. Ainsi, avec des cuves de 40 mm, un facteur d'étalonnage de 0,0566 UE par ppm-heure, et une valeur NIOSH de 0,050 UE au-dessus d'un blanc, nous avons déterminé au départ qu'une exposition de 24 h serait suffisante pour les concentrations moyennes (par exemple, 0,050 ppm), observées dans les maisons à analyser:

$$\text{c'est-à-dire, en supposant MPT} = 0{,}050 \text{ UE} = \frac{\text{différence d'extinction}}{0{,}0566 \times 24}$$

$$\text{Différence d'extinction} = 0{,}068 \text{ UE}$$

Résultats et discussion

Nous avons conçu nos recherches de façon à établir la corrélation entre les concentrations déterminées par la méthode NIOSH, dans certaines des maisons à l'étude, et les concentrations indiquées par les collecteurs de Du Pont. Vingt maisons furent choisies dans notre liste, y compris les témoins. Deux collecteurs furent envoyés à chaque maison, avec les instructions détaillées pour leur mise en place. L'un devait être porté par un membre de la famille, et l'autre installé sur le mur de la pièce où allaient être effectuées les analyses NIOSH. L'installation des collecteurs fut effectuée lors d'une visite de notre équipe aux propriétaires de ces maisons, ce qui permit à cette même équipe de poser un

troisième collecteur à côté de celui qui avait été envoyé au propriétaire par la poste. En même temps, une analyse NIOSH fut effectuée sur plusieurs périodes d'échantillonnage différentes. Le lendemain, notre équipe ramassa le collecteur qu'elle avait installé, et on demanda aux propriétaires de nous renvoyer les leurs par la poste. Le Tableau 4 résume les résultats. Les propriétaires des maisons n^{os} 1-10, à qui on avait aussi envoyés des collecteurs par la poste, ne furent pas visités par notre groupe. À l'exception du n^{o} 4, les concentrations obervées semblaient normales. Cependant, il fut impossible de confirmer ces observations.

Par contre, notre équipe sur le terrain effectua parallèlement un essai NIOSH chez les destinataires de collecteurs, aux maisons n^{os} 11 à 30, et y installa un troisième collecteur. Les écarts entre les concentrations déterminées par la méthode NIOSH et celles obtenues à partir des collecteurs sont nettement visibles. Néanmoins, on peut noter (chez les destinataires n^{os} 11, 12, 16, 17, 20, 21 et 29) en général une bonne corrélation entre, d'une part, les valeurs obtenues avec les collecteurs prélevés, mis en place et renvoyés par notre équipe sur le terrain, et, d'autre part, les valeurs NIOSH. Les collecteurs donnaient généralement et de façon systématique des valeurs MPT plus élevées. La corrélation était médiocre entre les concentrations NIOSH et celles déterminées à l'aide des collecteurs envoyés par la poste et mis en place par les propriétaires. Au départ, nous suspections des dommages dus au procédé utilisé lors de l'envoi par la poste. Mais, il devint très vite évident, après l'obtention d'autres données expérimentales, qu'il n'existait aucune méthode pratique permettant de connaître la valeur pour le blanc dans le cas des collecteurs individuels. L'examen de plusieurs collecteurs-blancs non exposés a montré que les valeurs de 0, après le traitement à l'acide chromotropique-acide sulfurique, variait de plus de 40 pour cent, les extinctions pour certains blancs étant comparables à celles de plusieurs des collecteurs mis en place sur le terrain. Cependant, avec une exposition plus longue (jusqu'à sept jours), les quantités accumulées de formaldéhyde auraient donné, après traitement à l'acide chromotropique et à l'acide sulfurique, des valeurs d'extinction plus élevées. Les écarts dus aux variations entre les collecteurs-blancs deviendraient donc à peu près négligeables. Les collecteurs restants furent mis en place pour une exposition de sept jours ou moins dans plusieurs des maisons à l'étude. Dans tous ces cas, la corrélation avec les concentrations déterminées par la méthode NIOSH était excellente.

On procéda à une analyse de variances en ayant recours à une méthode de blocage, dans laquelle les collecteurs Du Pont furent comparés à la méthode NIOSH pour

chacun des environnements à l'étude. La meilleure corrélation obtenue entre les concentrations NIOSH et celles déterminées à l'aide des collecteurs Du Pont correspondait aux expériences où les collecteurs étaient exposés pendant des périodes égales ou supérieures à 72 h, et où des échantillons NIOSH de 3 à 24 h étaient prélevés. Au niveau d'incertitude $\alpha = 0,05$, les deux méthodes donnaient statistiquement des résultats identiques.

Il faut cependant reconnaître que ce type de corrélation ne se retrouve pas nécessairement dans tous les environnements, en effet nous avons vu qu'il existait des limitations en ce qui concerne une analyse NIOSH ponctuelle. De plus, avec les collecteurs prototypes que nous avons utilisés, on ne peut qu'approcher les valeurs d'extinction pour les blancs, du fait que la solution absorbante de l'analyse est unique pour chaque collecteur. La compagnie Du Pont a depuis amélioré ses collecteurs, qui contiennent maintenant chacun deux poches avec la même solution, dont l'une servira à l'absorption de formaldéhyde, l'autre étant exposée aux mêmes conditions environnementales, excepté pour l'exposition réelle à l'air étudié.

RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

Les maisons ayant fait l'objet de l'enquête furent choisies dans une liste de propriétaires qui avaient communiqué avec nous avant le début de l'étude. Les maisons témoins furent sélectionnées d'après leur âge, qui devait être à peu près le même pour toutes les maisons à l'étude et en tenant compte des communications personnelles avec les propriétaires. Une seule des maisons témoins comptait un fumeur. On demanda à tous les propriétaires de garder portes et fenêtres fermées pendant au moins 24 h avant l'échantillonnage. Plusieurs maisons accusant au début de l'étude des concentrations anormalement élevées de formaldéhyde ont fait l'objet d'analyses à long terme. Voir Tableaux 1 à 5.

Les histogrammes de la Figure 1 montrent certaines corrélations concernant les maisons étudiées. Quatre-vingt-quatre pour cent des maisons isolées en 1979 ou plus tard accusaient des concentrations (méthode NIOSH) > 0,06 ppm à au moins une reprise. Dans le même groupe, 58 pour cent acccusaient des concentrations ⩾ 0,1 ppm au moins une fois. Des maisons isolées en 1978, 44 pour cent dépassaient 0,06 ppm au moins une fois, et seulement une maison de ce groupe accusait une concentration de formaldéhyde ⩾ 0,1 ppm au moins une fois. Des maisons isolées avant 1978, seulement 22 pour cent dépassaient 0,06 ppm au moins une fois, et aucune d'entre elles ne dépassa, ni même égala, 0,1 ppm.

Quant à savoir si les concentrations continueront de diminuer avec le temps, on en est réduit aux conjectures. On a pu constater cependant qu'après neuf mois, plusieurs des maisons étudiées accusaient encore des concentrations élevées de formaldéhyde. Nous pensons que des modifications dans la composition qui donnèrent une MIUF plus dense sont responsables du dégagement gazeux plus abondant de formaldéhyde, observé dans les maisons isolées en 1979. De plus, il nous semble que ces concentrations ne diminueront pas sensiblement au cours d'une période de seulement un ou deux ans.

Les histogrammes de la Figure 2 montrent la corrélation entre les dates de l'installation de la MIUF et les plaintes relatives aux problèmes de santé. On n'a pas essayé d'évaluer cette corrélation selon les critères épidémiologiques.

Des variations dans les concentrations mesurées de formaldéhyde sont nettement discernables dans beaucoup de cas. Ces variations peuvent être dues à plusieurs causes:

a) Erreurs lors du prélèvement d'échantillons et de l'analyse: une variation d'environ ± 15 pour cent peut être due à des erreurs d'étalonnage du débit de la pompe (± 5 pour

cent), au processus de transfert des solutions des épurateurs sur le terrain (±5 pour cent) et, à des écarts lors de l'analyse (±5 pour cent). Néanmoins, si on applique la méthode de façon très stricte et systématique, il est possible d'atteindre une précision de ±10 pour cent.

b) Conditions climatiques extérieures. Étant donné que la principale source de gaz formaldéhyde dans les maisons isolées à la MIUF est attribuable à l'infiltration d'air à travers les cavités murales, les conditions de pression relative prennent une grande importance(11). De forts vents, une température élevée ou une humidité relative très grande sont tous des facteurs qui accélèrent le dégagement de formaldéhyde dans les espaces d'habitation d'une maison.

L'effet direct le plus important enregistré à plusieurs reprises au cours de l'étude a été celui de la lumière solaire directe sur les murs externes contenant de la MIUF. Ainsi, lors d'une série d'expériences conduites dans la maison nº 24, la concentration de formaldéhyde avait grimpé dans la même pièce de <0,04 ppm à 0,36 ppm deux heures plus tard. Un des murs isolés à la MIUF faisait face au nord; la première mesure fut prise entre 9 h 30 et 11 h 30. La seconde se situait entre 13 h 30 et 15 h 30, le soleil donnant alors directement sur le mur. L'expérience fut répétée plusieurs jours plus tard, et on obtint respectivement des concentrations de 0,080 et 0,16 ppm dans la même pièce. Nous avons observé le même effet dans une autre maison, celle portant le nº 19, dans laquelle la pièce analysée comportait un mur isolé à la MIUF faisant face au sud. Dans cette pièce, les concentrations étaient plus élevées le matin que l'après-midi, avec respectivement des concentrations de 0,16 ppm et de 0,092 ppm. Nous avons constaté cet effet tout au long d'une période de mesures de 6-7 jours, pendant laquelle d'autres expériences étaient conduites en vue d'évaluer de façon plus précise les collecteurs de formaldéhyde Pro-Tek (MD).

Généralement, les concentrations les plus élevées parmi les quatre mesures par maison correspondaient également aux températures et humidités relatives les plus hautes, enregistrées simultanément. Il y a aussi parallélisme avec la température et l'humidité relatives externes pendant la période estivale. Par ailleurs, nous avons pu observer que dans les maisons à plusieurs étages, ce sont les étages supérieurs qui accusent les concentrations les plus fortes, lors de mesures simultanées. Ce phénomène est particulièrement manifeste par temps froid. Durant les mois les plus chauds, les concentrations semblaient plus homogènes aux divers étages.

Autre fait remarquable: dans trois des maisons qui accusaient des concentrations de 0,1 ppm ou plus, il y avait des secteurs isolés à la MIUF qui étaient exposés à l'intérieur de la maison en plusieurs endroits. Il y avait beaucoup de cas où la MIUF avait été installée dans des endroits non conseillés à cette fin, comme par exemple autour du mortier de la cheminée, des seuils du sous-sol et des surplombs, et, dans un cas, au grenier (mais, dans ce dernier, la concentration n'était pas très élevée; il s'agissait de la maison nº 18).

CONCLUSIONS

1. Le Miran 1A n'est pas assez sensible pour la mesure des concentrations de formaldéhyde dans l'air intérieur de locaux non industriels. Par contre, il est très utile pour la détermination des concentrations de formaldéhyde résultant de la libération de ce gaz à partir des cavités murales contenant de la MIUF, où il donne des résultats très proches de ceux obtenus par la méthode NIOSH. Autre application du Miran 1A: étude des niveaux d'aération.

2. Le CEA 555 offre certains avantages du fait qu'il est plus sensible que le Miran 1A, et qu'il s'agit d'un dispositif de mesure directe sur le terrain, pouvant de plus être employé comme analyseur en continu. Cependant, il requiert beaucoup d'habileté pour l'étalonnage et l'entretien, et il consomme des produits chimiques relativement coûteux. Le grand avantage est qu'il donne un enregistrement visuel, le propriétaire pouvant donc lire immédiatement le résultat à la fin de l'essai.

3. La précision de la méthode NIOSH ou de tout autre moyen employé est limitée par le degré réel de fluctuation des concentrations intérieures de formaldéhyde, lesquelles sont fonction des conditions externes et internes. On a constaté que la variance due au niveau d'aération était généralement plus élevée que celle correspondant à la mesure comme telle des concentrations de formaldéhyde dans un environnement donné[7]. Ainsi, les mesures ponctuelles (NIOSH ou CEA 555) dans des maisons où une méthode normalisée a été suivie, ne donnent pas nécessairement les "pires cas" de concentrations intérieures de formaldéhyde.

4. Les dosimètres de type passif qui mesurent les concentrations pendant un laps de temps prolongé dans un environnement donné, donnent une moyenne pondérée pour le temps des concentrations de formaldéhyde, beaucoup plus intéressante pour ce qui est de l'exposition des habitants de la maison. Actuellement, le pricipal obstacle pour cette méthode demeure le problème des variations des concentrations naturelles (blancs) des solutions utilisées dans les dosimètres individuels.

5. Il semble qu'il existe un groupe de maisons isolées à la MIUF dans lesquelles les concentrations de formaldéhyde sont anormalement élevées.

RÉFÉRENCES

1. "Problems Associated with the Use of Urea-Formaldehyde foam for Residential Insulation" Part I, K.R. Long, D.A. Pierson, S.T. Brennan, C.W. Frank et R.A. Hahne, Oak Ridge National Laboratory, septembre 1979.

2. "Rapport final du comité d'étude consultatif du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social sur la mousse isolante d'urée-formaldéhyde", avril 1981.

3. "Formaldehyde - An Assessment of its Health Effects", Report of the Committee on toxicology, National Academy of Sciences, Washington D.C., mars 1980.

4. "NIOSH Manual of Analytical Methods" 2nd edition, Vol. 1, 125-1, 125-9, 75-121, Method P&CAM 125, 1974.

5. R.R. Miksch in "Revised NIOSH Procedures method" in "Technical Specifications for the Sampling of Homes Insulated with Urea Formaldehyde Foam", Ministère des Consommations et Corporations, Canada, septembre 1981.

6. "Monitoring Formaldehyde in Ambient Air Utilizing a Single-Beam Infrared Analyzer", Infrared application Notes No. 12, Foxboro Analytical.

7. "Modified Pararosaniline Method for the Determination of Formaldehyde in Air" by R.R. Miksch, D.W. Anthon, L.Z. Fanning, C.D. Hollowell, K. Reuzan et J. Glanville, "Analytical chemistry" 53 2118-2123 (1981).

8. Hitchin, E.R. et C.B. Wilson, "Building Science" 2, 59-82, (1967).

9. "Evaluation of a Modified CEA Instruments Inc. Model 555 Analyzer for the Monitoring of Formaldehyde Vapour in Domestic Atmospheres" by T.G. Matthews, Oak Ridge National Laboratory (Preliminary Report), 1981.

10. "Pro-Tek™ Colorimetric Air Monitoring Badge Systems Operating and Analytical Procedures. Formaldehyde Badge, Series II, Type C-60", E.I. Du Pont de Nemours and Co., Delaware, Document E-40433, mars 1981.

11. "L'isolant thermique en mousse d'urée-formaldéhyde: Identification du problème et mesures correctives pour la construction et l'ossature de bois" par R.P. Bowen, C.J. Shirtliffe et G.A. Chown, dans "Note d'information sur la construction" n° 23F, Conseil national de recherches Canada, août 1981.

Tableau 1

RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

Maison nº *	Date (1981)	Intérieur T(°C)	Intérieur %HR	Extérieur T(°C)	Extérieur %HR	Pres. Atm. kPa	Vit. vent km/h	Échantillon[1] Vol. L	Conc. (ppm) calculée[2] de formaldéhyde
1	9/VI	20	54	9	81	99,2	24	M	<0,25
1	8/VII	20	58	16	84	98,8	30	80	(0,05)
1	14/VII	18	62	16	73	101,8	20	90	(0,01)
1	1/IX	20	69	17	81	102,2	11	240	0,045
2	9/VI	18	60	8	85	99,2	22	M	0,3
2	8/VII	23	60	21	50	99,9	30	80	(0,02)
2	11/VIII	20	67	15	80	102,0	5	60	(0,02)
2	1/IX	20	66	17	76	102,0	14	180	0,029
3	7/VII	22	66	19	93	101,9	26	60	(0,025)
3	15/VII	17	70	16	96	101,7	41	75	(0,02)
3	16/VII	21	66	14	75	101,4	30	90	0,058
3	21/XII	23	58	-2	80	101,6	28	120	(0,044)
4	1/IV	24	59	12	89	100,2	26	60	0,11
4	17/VII	29	52	21	50	101,4	30	45	(0,04)
4	24/VII	20	61	16	56	102,0	19	120	0,042
4	21/XII	19	52	0	96	98,1	56	180	0,10
5	25/V	19	65	7	92	99,9	30	60	(0,04)
5	28/VII	19	65	14	95	101,3	24	60	(0,04)
5	4/IX	18	74	13	79	102,9	9	60	(0,03)
5	9/IX	20	72	12	80	102,1	26	60	(0,02)
6	1/VI	20	76	13	92	100,2	15	60	(0,02)
6	20/VII	21	65	15	80	101,3	5	80	(0,04)
6	4/IX	19	60	16	77	103,0	12	60	(0,02)
6	9/XII	16	75	18	97	99,1	9	180	(0,03)

Tableau 1 (suite)

Maison n° *	Date (1981)	Intérieur T(°C)	Intérieur %HR	Extérieur T(°C)	Extérieur %HR	Pres. Atm. kPa	Vit. vent km/h	Échantillon[1] Vol. L	Conc. (ppm) calculée[2] de formaldéhyde
7	1/VI	23	60	13	89	100,2	26	60	0,05
7	7/VII	20	66	19	33	100,0	26	140	0,03
7	20/VII	20	58	15	80	101,3	5	60	(0,04)
7	9/IX	21	74	12	80	102,1	26	60	(0,04)
8	5/V	16	66	7	90	99,1	13	60	(0,04)
8	5/VI	18	65	7	85	100,2	25	M	0,25
8	28/VII	16	69	14	95	101,1	20	60	(0,03)
8		A refusé le 4e essai.							
9	8/VI	17	58	13	89	98,6	30	M	<0,25
9	20/VII	21	60	16	83	101,3	5	60	(0,05)
9	9/IX	21	70	12	88	102,0	20	60	(0,05)
9	10/IX	21	70	11	86	102,0	24	60	0,10
10	8/VI	22	54	14	80	98,7	30	M	<0,25
10		Maison vendue; le nouveau propriétaire a refusé les essais.							
10									
10									
11	2/VI	23	59	9	63	101,5	32	60	(0,03)
11	8/VII	23	60	21	70	99,9	30	60	(0,03)
11	29/VII	21	58	16	63	100,8	50	60	(0,03)
11	1/IX	22	60	18	80	102,3	9	180	0,076
12	8/VI	24	68	14	80	98,6	30	M	<0,25
12	16/VII	21	65	16	73	101,4	45	60	0,07
12	4/VIII	26	62	23	69	101,9	24	61	0,11
12	22/VII	20	46	3	75	101,3	45	120	(0,05)
13	15/VI	22	54	17	75	101,8	30	60	0,07
13	9/VII	18	62	10	81	99,8	13	175	0,069
13	19/VII	21	65	25	48	101,3	15	190	0,063
13	25/VIII	20	68	9	85	101,1	24	60	0,08

Tableau 1 (suite)

Maison nº *	Date (1981)	Intérieur T(°C)	Intérieur %HR	Extérieur T(°C)	Extérieur %HR	Pres. Atm. kPa	Vit. vent km/h	Échantillon[1] Vol. L	Conc. (ppm) calculée[2] de formaldéhyde
14	17/VI	28	55	7	85		10	60	(0,02)
14	24/VII	25	50	14	67	101,9	15	63	0,08
14	20/VIII	22	76	10	94	101,7	19	340	0,064
14		A refusé l'essai final.							
15	11/VI	21	74	6	92	98,8	36	60	(0,01)
15	23/VII	22	65	20	64	101,1	35	60	(0,03)
15	2/IX	19	70	13	83	102,9	8	1440	0,018
15	21/XII	23	58	-2	80	100,6	28	120	(0,04)
16	25/V	22	54	7	90	99,1	13	60	0,07
16	10/VII	19	62	15	73	100,1	20	127	0,043
16	3/VIII	30	58	24	55	101,5	35	60	0,11
16	21/XII	19	68	0	80	100,4	39	120	(0,04)
17	22/V	20	68	14	40	102,1	10	60	0,06
17	17/VII	20	70	15	70	101,4	20	75	0,07
17	1/IX	18	70	17	76	102,2	14	164	0,062
17	22/XII	16	58	2	85	101,3	46	180	0,033
18	9/VII	21	56	8	92	99,2	61	100	(0,02)
18	8/IX	18	72	11	96	101,4	30	60	(0,05)
18	9/IX	19	73	11	96	101,4	30	60	(0,03)
18	10/IX	18	72	12	96	101,4	28	60	(0,05)
19	5/VII	21	52	9	96	101,4	20	120	0,071
19	11/VII	22	58	13	85	100,5	13	60	0,09
19	25/VII	24	48	21	58	102,2	24	210	(0,02)
19	9/XII	18	58	7	97	99,1	9	180	0,11
20	20/V	16	52	10	68	101,1	28	60	(0,03)
20	4/VII	22	58	19	77	101,1	40	60	0,13
20	9/VII	17	62	10	81	99,8	13-22	60	0,08
20	11/VII	15	67	13	85	100,5	13	60	0,06

Tableau 1 (suite)

Maison n° *	Date (1981)	Intérieur T(°C)	Intérieur %HR	Extérieur T(°C)	Extérieur %HR	Pres. Atm. kPa	Vit. vent km/h	Échantillon[1] Vol. L	Conc. (ppm) calculée[2] de formaldéhyde
21	17/V	18	60	5	88	100,1	20	60	(<0,01)
21	10/VII	15	70	14	87	99,9	19	180	(<0,01)
21	24/VII	18	56	14	67	101,9	15	60	(0,02)
21	21/XII	20	62	0	80	101,4	39	180	0,036
22	26/V	22	56	13	65	101,2	30	60	(0,01)
22	9/VI	19	64	12	80	99,2	22	M	0,25
22	15/VII	15	71	16	98	100,5	59	60	(0,01)
22	Impossible de rejoindre le propriétaire pour la 4e visite.								
23	2/VI	17	71	12	52	101,5	28	60	0,09
23	14/VII	17	70	16	73	101,8	23	60	0,09
23	11/VIII	18	71	17	85	102,0	16	180	0,20
23	12/VIII	18	71	20	75	102,0	11	180	0,22
24	4/VI	20	62	6	71	100,7	30	M	0,50
24	17/VII	22	64	21	50	101,4	30	60	0,10
24	29/VII	21	60	18	54	100,8	50-70	60	0,360
24	3/VIII	27	60	27	50	101,4	37	60	0,150
25*	9/VI	18	60	12	78	99,2	22	60	(<0,01)
25	11/VII	19	58	17	85	102,1	16	60	(<0,01)
25	3/VIII	25	60	27	50	101,0	37	60	(<0,01)
25	21/XII	25	58	-2	80	101,2	28	60	(<0,01)
26*	9/VI	20	60	12	80	99,2	22	60	(<0,01)
26	3/VIII	27	52	19	70	101,5	32	180	(0,02)
26	11/VIII	20	76	16,5	88	102,1	16	180	(0,02)
26	8/IX	20	72	11	90	101,5	30	60	(<0,01)
27	8/VI	23	53	14	85	98,6	33	M	<0,25
27	16/VII	22	67	13	90	101,0	30	60	(0,02)
27	23/XII	18	56	1	96	100,55	19	180	0,045
27	23/XII	18	56	1	96	100,5	19	180	0,066

Tableau 1 (suite)

Maison nº *	Date (1981)	Intérieur T(°C)	Intérieur %HR	Extérieur T(°C)	Extérieur %HR	Pres. Atm. kPa	Vit. vent km/h	Échantillon[1] Vol. L	Conc. (ppm) calculée[2] de formaldéhyde
28	2/VII	25	65	17	63	101,4	32	60	0,16
28	21/VII	24	57	15	72	101,38	18	60	(0,04)
28	22/VII	24	62	16	77	101,2	23	70	(0,03)
28	3/VIII	27	57	27	50	101,4	37	120	0,065
29*	3/VI	18	72	16	58	101,4	36	60	(< 0,01)
29	2/VII	25	60	17	63	101,2	32	60	(< 0,01)
29	21/VII	26	48	17	62	101,3	30	75	(< 0,01)
29	20/XII	22	55	1	70	100,5	20	120	(< 0,01)
30	27/V	20	55	7	87	101,7	20	60	(0,03)
30	3/VIII	27	64	26	47	100,5	35	120	0,065
30	11/VIII	24	58	20	75	101,9	9,5	220	0,049
30	19/VIII	23	67	17,5	77	101,1	23	165	0,066
31	22/V	23	56	10	49	102,1	21	60	(0,04)
31	17/VII	20	67	15	70	101,4	20	60	(0,05)
31	1/IX	20	60	18	70	102,3	15	240	0,12
31	9/IX	20	68	21	82	101,9	25	120	0,070
32	15/V	21	54	15	70	100,3	30	60	0,10
32	14/VII	19	62	13	77	101,7	30	60	(< 0,01)
32	8/IX	21	72	11	95	101,5	30	60	(0,05)
32	8/IX	21	72	11	95	101,5	30	60	(0,05)
33*	4/VII	28	42	21	75	101,0	5	60	(0,01)
33	11/VII	17	68	13	85	100,5	15	60	(0,01)
33	8/IX	20	70	11	95	101,5	30	120	(0,012)
33	9/IX	18	68	21	82	101,9	25	120	(0,014)
34	26/V	21	47	11	74	101,2	32	60	(0,02)
34	9/VII	23	.	8	92	99,2	61	60	(< 0,01)
34	23/VII	21	63	17	76	101,1	43	60	(< 0,01)
34	8/IX	19	82	11	96	101,4	30-40	60	0,07

Tableau 1 (suite)

Maison nº *	Date (1981)	Intérieur T(°C)	Intérieur %HR	Extérieur T(°C)	Extérieur %HR	Pres. Atm. kPa	Vit. vent km/h	Échantillon[1] Vol. L	Conc. (ppm) calculée[2] de formaldéhyde
35	9/VI	18	60	13	76	99,3	20	M	<0,25
35	23/VII	19	66	20	64	101,1	35	60	(0,05)
35	7/VIII	18	70	12	98	101,3	20	60	(0,06)
35	17/VIII	20	71	14	88	101,3	24	1380	0,030
36	29/V	20	64	13	81	101,8	19	60	0,06
36	2/VII	19	65	14	95	101,1	26	66	0,08
36	9/IX	12	78	21	82	101,9	25	150	0,065
36	9/IX	12	78	21	82	101,9	25	150	0,060
37	8/VI	22	58	14	85	98,6	35	M	<0,25
37	28/VII	21	62	14	95	101,1	26	60	0,09
37	7/VIII	19	74	11	95	101,1	28	60	0,09
37	21/VIII	24	54	16	68	101,6	24	230	0,065
38	10/VII	19	64	17	62	99,9	19	120	0,038
38	13/VII	21	62	10	93	100,4	10	270	0,031
38	15/VII	19	68	16	94	100,4	25	66	(0,05)
38	26/VIII	21	72	16	70	101,6	28	300	0,020
39	9/VI	20	59	12	80	99,2	22	M	<0,25
39	11/VIII	19	74	14	90	102,0	20	60	0,07
39	21/VIII	21	68	43	70	101,6	26	480	0,063
39	22/VIII	24	65	21	50	101,6	15	1440	0,066
40	12/VI	20	60	4	88	100,0	36	60	0,06
40	7/VIII	21	73	13	90	101,2	11	120	0,053
40	9/IX	20	72	12	78	102,0	26	60	(0,05)
40	9/IX	20	72	13	78	102,0	26	60	(0,05)
41	8/VI	20	63	13	85	98,6	30-45	M	<0,25
41	8/VII	20	62	18	70	99,9	25	60	(0,03)
41	14/VII	18	65	13	73	101,8	30	60	(0,03)
41	19/VIII	20	74	14	79	101,3	24	1440	0,068

Tableau 1 (suite)

Maison nº *	Date (1981)	Intérieur T(°C)	Intérieur %HR	Extérieur T(°C)	Extérieur %HR	Pres. Atm. kPa	Vit. vent km/h	Échantillon[1] Vol. L	Conc. (ppm) calculée[2] de formaldéhyde
42*	3/VII	21	56	17	52	103,0	12	145	(0,017)
42	17/VII	25	68	18	62	100,6	6	180	(0,010)
42	19/VII	21	60	16	62	102,3	10	60	(<0,01)
42	21/VII	17	64	13	79	101,4	25	90	(<0,01)
43	9/VI	23	58	12	22	99,2	22	M	0,25
43	7/VIII	21	70	14	90	101,2	4	60	(0,04)
43	4/IX	20	70	13	79	102,9	10	60	(0,04)
43	9/IX	22	70	12	79	102,0	30	60	(0,06)
44	2/VI	23	51	14	35	101,5	28	60	(0,01)
44	22/VII	19	62	15	76	101,3	19	60	(<0,01)
44	4/IX	21	65	15	76	102,8	13	60	(0,04)
44	4/IX	21	65	15	76	102,8	13	60	(0,04)
45	10/VI	18	55	6	100	99,0	28	M	<0,25
45	16/VII	19	60	18	73	101,1	45	60	(<0,01)
45	30/VII	17	66	16	62	101,3	30-40	60	(<0,01)
45	30/VII	17	64	16	62	101,3	30-40	170	(<0,01)
46	22/V	24	45	16	41	101,4	10	60	(0,04)
46	3/VI	23	55	18	45	101,3	37	60	(0,01)
46	15/VII	18	70	16	96	101,7		60	(0,03)
46	25/VIII	20	70	9	83	101,2	30	60	(0,01)
47	20/V	19	50	15	40	101,1	28	60	(0,01)
47	9/VI	19	58	9	81	99,2	24	60	(0,01)
47	1/VII	23	66	22	79	102,9	35	60	(0,06)
47	4/VIII	28	58	22	68	102,0	28	180	0,068
48	11/VI	19	57	6	92	98,8	36	60	<0,01
48	16/VII	20	64	19	69	101,1	37	60	<0,01
48	16/VII	20	64	19	69	101,1	37	60	<0,01
48	23/VII	22	60	19	69	101,1	37	60	<0,01

Tableau 1 (suite)

Maison n° *	Date (1981)	Intérieur T(°C)	Intérieur %HR	Extérieur T(°C)	Extérieur %HR	Pres. Atm. kPa	Vit. vent km/h	Échantillon[1] Vol. L	Conc. (ppm) calculée[2] de formaldéhyde
49	11/VII	17	60	13	85	100,5	13	50	0,08
49	7/VII	19	62	19	93	100,1	14	120	0,14
49	4/VIII	22	62	23,5	60	102,1	28	180	0,18
49	25/VIII	18	70	9	87	101,1	28	180	0,15
50	17/VII	21	64	13	79	101,7	6	60	0,08
50	18/VII	20	62	21	56	102,1	12	190	0,035
50	25/VII	20	55	21	39	102,2	17	120	(0,020)
50	25/VII	20	58	21	50	102,2	20	180	(0,010)

REMARQUES: *Les maisons désignées par un astérisque sont des maisons témoins non isolées par la MIUF.

1. Un débit de 1,0 L min^{-1} a été utilisé pour les analyses NIOSH du Tableau 1. Le symbole "M" désigne les analyses où seul le Miran 1A a été employé; on a pris 0,25 ppm comme limite inférieure de détection.

2. Les valeurs entre parenthèses représentent les cas où la norme NIOSH d'un écart de 0,050 unité d'extinction au-dessus du blanc n'a pas été satisfaite.

Tableau 2

EFFET DE DIFFÉRENTS DÉBITS SUR LES ANALYSES NIOSH

Exp. n°*	Débit d'échantillonnage	Période d'échantillonnage* (min)	Formaldéhyde calculé ppm	
1	1,0 L/min	90	0,16	0,15 ± 0,01
	0,75 L/min	90	0,14	
2	0,1 L/min	90	0,088	0,091 ± 0,003
	0,75 L/min	90	0,094	
3	1,0 L/min	90	0,092	0,10 ± 0,009
	0,75 L/min	90	0,11	
4	1,0 L/min	90	0,091	0,090 ± 0,001
	0,75 L/min	90	0,089	
5	1,0 L/min	90	0,089	0,090 ± 0,01
	0,50 L/min	90	0,092	
6	1,0 L/min	120	0,107	0,106 ± 0,001
	0,50 L/min	120	0,105	

*Ces analyses ont été effectuées simultanément dans les mêmes environnements, comme pour des analyses doubles.

Tableau 3

UNITÉS D'EXTINCTION MIRAN

ET CONCENTRATIONS DÉTERMINÉES PAR LA MÉTHODE NIOSH

Maison	Date de l'essai	Moyenne d'unités d'extinction pour le Miran*	NIOSH ppm
4	1/VI	3,0	0,11
5	25/V	0,0	(0,04)
6	1/VI	4,0	(0,02)
7	1/VI	1,5	0,05
8	5/V	0,0	(0,04)
11	2/VI	2,5	(0,03)
13	15/VI	1,5	0,07
13	25/VIII	1,0	0,07
14	17/VI	3,5	(0,02)
15	11/VI	3,5	(0,01)
16	25/V	2,5	0,07
17	22/V	0,0	0,06
19	11/VII	2,5	0,09
20	20/V	1,5	(0,03)
20	9/VII	2,0	0,08
21	17/V	2,0	(0,01)
22	26/V	3,0	(0,01)
23	2/VI	3,0	0,09
25	11/VII	0,0	(0,01)
28	15/V	9,0	0,16
29	2/VII	10,0	(0,01)
31	22/V	0,0	(0,04)
32	15/V	3,0	0,10
34	26/V	2,0	(0,02)
36	29/V	4,0	0,06
40	12/VI	2,0	0,06
42	21/VII	0,0	(0,01)
44	2/VI	1,5	(0,01)
46	3/VI	2,0	0,01
47	15/V	1,0	0,01
48	11/VI	5,0	0,01
49	25/VIII	3,0	0,15

*Unités arbitraires.

Tableau 4

COLLECTEURS (DOSIMÈTRES) DE FORMALDÉHYDE DANS L'AIR, PRO-TEK (MD) C-60 DE DU PONT: ÉVALUATION SUR LE TERRAIN

Collecteur n° 1	Destinataire(2)	Emplacement	Ext.(3)	Temps (h)	MPT (ppm)	NIOSH (ppm)
71961-C(M)	1	Corps	0,071	24 h	0,053	-
71962-C(M)	1	Mur	0,125	24	0,092	-
71963-C(M)	2	Mur	0,114	24	0,084	-
71964-C(M)	2	Corps	0,187	24	0,138	-
71965-C(M)	3	Mur(b)	0,575	72	0,141	-
71966-C(M)	3	Corps	0,36	72	0,088	-
71967-C(M)	4	Mur	0,725	24	0,534/0,489	-
71968-C(M)	4	Corps	0,46	24	0,339	-
71979-C(M)	5	.				-
71980-C(M)	5	.	Coll. non renvoyé			-
71111-C(M)	6	Corps	0,147	24	0,108	-
71112-C(M)	6	Mur	0,0	24	0,0	-
71113-C(M)	7	Corps	0,175	24	0,128	-
71114-C(M)	7	Mur	0,215	24	0,158	-
71051-C(M)	8	?	0,054	24	0,040	-
71052-C(M)	8	?	0,020	24	0,015	-
71847-C(M)	9	Corps	0,068	24	0,050	-
71848-C(M)	9	Mur	0,105	24	0,077	-
71844-C(M)	10	Corps	0,515	72	0,126	-
71845-C(M)	10	Mur	0,558	72	0,136	-
71115-C(M)	11	Corps	0,330	26	0,224	
71116-C(M)	11(37)	Mur	0,355	26	0,240	0,090 (1 h)
75787-C(P)	11	Mur	0,140	24	0,098	
71117-C(M)	12	?	0,080	24,5	0,058/0,068	
71118-C(M)	12(30)	?	0,030	24,5	0,022	0,066 (3 h)
75783-C(P)	12	Mur	0,075	24	0,055	
71119-C(M)	13	Mur	0,190	24	0,139	
71120-C(M)	13(15)	Corps	0,210	24	0,155	0,018 (24 h)
(P)	13	Mur	Coll. endommagé	24	-	
75761-C(M)	14	Mur	0,154	26,5	0,103	
75762-C(M)	14(26)	Corps	0,086	26,5	0,057	0,02 (3 h)
71057-C(P)	14	Mur	0,106	24	0,078	

Tableau 4 (suite)

Collecteur n° 1	Destinataire(2)	Emplacement	Ext.(3)	Temps (h)	MPT (ppm)	NIOSH (ppm)
75763-C(M)	15	Mur	1,10	168	0,116	
75764-C(M)	15(24)	Mur	0,92	168	0,097	0,150 (1 h)
75765-C(M)	16	Corps	0,136	25,25	0,095	
75766-C(M)	16(35)	Mur	0,128	25,25	0,089	0,030 (25 h 1/4)
75784-C(P)	16	Mur	0,050	24	0,036	
75767-C(M)	17	Mur	0,390	24	0,287	0,063 (8 h)
75768-C(M)	17(39)	Corps	0,30	24	0,221	0,066 (24 h)
75786-C(P)	17	Mur	0,115	24	0,085	
75769-C(M)*	18	Corps	0,420	72	0,103	0,08 (1 h)
75770-C(M)*	18(13)	Mur	1,115	168	0,105	
71071-C(P)	18	Mur	1,085	168	0,114	
71821-C(M)	19	Non renvoyé				
71822-C(M)	19(17)					
71058 (P)	19	Mur	0,22	24	0,16	0,062
71823-C(M)	20	Corps	0,280	48	0,103	
71824 (M)	20(31)	Rideau	0,240	48	0,088	0,12
71060 (P)	20	Rideau	0,335	48	0,123	
71041-C(X)	20	Rideau	0,245	168	0,0257	-
71825-C(M)	21	Mur	0,248	24	0,173	
71826-C(M)	21(14)	Corps	0,575	24	0,428	0,064 (5 h 1/2)
75785-C(P)	21	Mur	0,130	24	0,096	
71827-C(M)	22	Corps	0,20	24	0,15	
71828-C(M)	22	Mur	0,20	24	0,15	0,076 (3 h)
71059-C(P)	22	Mur	0,305	24	0,225	
17829-C(M)	23	Mur	0,11	24	0,081	
17830-C(M)	23(1)	Corps	0,073	24	0,054	0,045 (4 h)
75790-C(P)	23	Mur	0,176	24	0,129	
75751-C(M)	24	?	0,078	24	0,057	
75752-C(M)	24(2)	?	0,094	24	0,069	0,029 (3 h)
? (P)	Coll. endommagé					
75753-C(M)	25	Corps	0,215	27	0,141	0,04 (1 h)
75754-C(M)	25(7)	Mur	0,185	27	0,121	
75755-C(M)	26	Coll. non renvoyé				
75756-C(M)	26(9)					
75757-C(M)	27	Corps	0,069	96	0,013	
75758-C(M)	27(46)	Mur	0,125	116	0,019	0,03 (1 h)

Tableau 4 (suite)

Collecteur n° 1	Destinataire(2)	Emplacement	Ext.(3)	Temps (h)	MPT (ppm)	NIOSH (ppm)
75759-C(M)	28	Corps	0,33	26,5	0,24	
75760-C(M)	28(41)	Mur	0,25	26,5	0,184	0,068 (24 h)
75782-C(P)	28	Corps	0,038	24	0,107	
71053-C(M)	29	Corps	0,167	24	0,123	
71054-C(M)	29(49)	Mur	0,218	24	0,166	0,097
75788-C(P)	29	Mur	0,14	24	0,10	
71055-C(M)	30	Coll. endommagé				
71056-C(M)	30(42)	?	0,33	72	0,081	0,010
71841-C(P)	30	Mur	0,155	72	0,038	
71849-C(P)	31	L/R Mur	0,69	171,5	0,073	(0,08)
71850-C(P)	31(19)	B/R Mur	0,83	171,5	0,087	0,090
71842-C(P)	32	Table/ verticalement	0,99	0,0	0,105	0,138
71843-C(P)	32(20)	Table / horizontalement	1,19		0,125	
71071-C(P)	33(20)	Mur avec MIUF	1,54	168	0,157	0,083 (25 h 1/2)
71073-C(P)	33	Mur sans MIUF	1,45	168	0,148	0,109 (3 h)
71074-C(P)	34(50)	Mur	0,285	144	0,035	0,035 (3 h 1/2)
71075-C(M)	34	Mur	0,335	144	0,041	
71077-C(P)	35	Mur	0,675	168	0,082	0,059* (3 h)
71078-C(P)	36	Mur	0,785	192	0,070	0,068* (3 h)
71049-C(P)	37	Mur B/R	0,265	107	0,044	0,040 (1 h)
71050-C(P)	37(20)	Mur	0,245	107	0,040	
71076-C(P)	38(20)	1/2" du mur	1,22	147	0,146	0,088 (1 h)
71048-C(P)	38	1/2" du mur	0,80	147	0,096	

1. (M) = Réception des collecteurs par les propriétaires et retour par la poste;
   (P) = Collecteurs apportés et mis en place dans les maisons expérimentales par l'équipe sur le terrain, et renvoyés par cette dernière.

2. Les collecteurs ont été envoyés par la poste sans ordre établi. Les numéros entre parenthèses réfèrent au numéro de code de la maison, utilisé dans l'enquête générale, voir Tableau 2.

3. Les extinctions ont été déterminées sur un spectrophotomètre UV, avec des micro-cuves de 40 mm, et à faisceau double; une solution de collecteur non exposé servait de blanc.

Tableau 5

CARACTÉRISTIQUES DES MAISONS ET
CONCENTRATIONS MAXIMALES MESURÉES PAR LA MÉTHODE NIOSH

Maison n°	Date d'installation de la MIUF	Âge de la maison (années)	Type de MIUF	Conc. max. NIOSH (ppm)
1	1974	22	Rapco	0,045
2	1977	30	Borden	0,029
3	1979	20	Borden	0,058
4	1979	3	Rapco	0,11
5	1978	80	Rapco	(0,04)
6	1979	40	Borden	(0,04)
7	1978	44	Rapco	0,05
8	1979	80	Rapco	(0,04)
9	1979	60	Rapco	0,10
10	1978	60	Rapco	ND
11	1979	35	Rapco	0,076
12	1979	46	Rapco	0,11
13	1979	70	Rapco	0,085
14	1979	39	Rapco	0,081
15	1975	37	Borden	(0,04)
16	1979	42	Borden	0,11
17	1978	35	Rapco	0,07
18	1973	60	Borden	(0,05)
19	1979	60	Rapco	0,11
20	1979	60	Rapco	0,13
21	1976	140	Rapco	0,036
22	1978	50	Rapco	(0,01)
23	1979	140	Rapco	0,22
24	1979	31	Borden	0,36
25	Témoin	60	Témoin	(0,01)
26	Témoin	100	Témoin	(0,02)
27	1978	80	Rapco	0,066
28	1979	30	Rapco	0,16
29	Témoin	8	Témoin	(0,01)
30	1979	70	Rapco	0,066
31	1979	80	Borden	0,12
32	1978	60	Rapco	0,10
33	Témoin	100	Témoin	(0,014)
34	1974	45	Borden	0,07
35	1978	80	Rapco	(0,06)
36	1978	30	Rapco	0,08
37	1978	30	Rapco	0,09
38	1978	37	Borden	(0,05)
39	1979	40	Rapco	0,07
40	1977	60	Borden	0,06
41	1978	40	Rapco	0,068

Tableau 5 (suite)

Maison n°	Date d'installation de la MIUF	Âge de la maison (années)	Type de MIUF	Conc. max. NIOSH (ppm)
42	Témoin	100	Témoin	(0,017)
43	1975	31	Borden	(0,06)
44	1974	36	Rapco	(0,04)
45	1978	45	Rapco	(0,01)
46	Témoin	32	Témoin	(0,03)
47	1978	80	Rapco	0,068
48	1978	50	Borden	(0,01)
49	1979	50	Rapco	0,14
50	1978	60	Borden	0,07

FIGURE 1

A = NOMBRE TOTAL DE MAISONS ANALYSÉES, OÙ LA MIUF AVAIT ÉTÉ INSTALLÉE DANS L'ANNÉE INDIQUÉE.

B = NOMBRE TOTAL DE MAISONS DU GROUPE A, QUI ACCUSAIENT UNE CONCENTRATION >0,06 PPM.

C = NOMBRE TOTAL DE MAISONS DU GROUPE A, AVEC UNE CONCENTRATION MESURÉE ≥0,1 PPM.

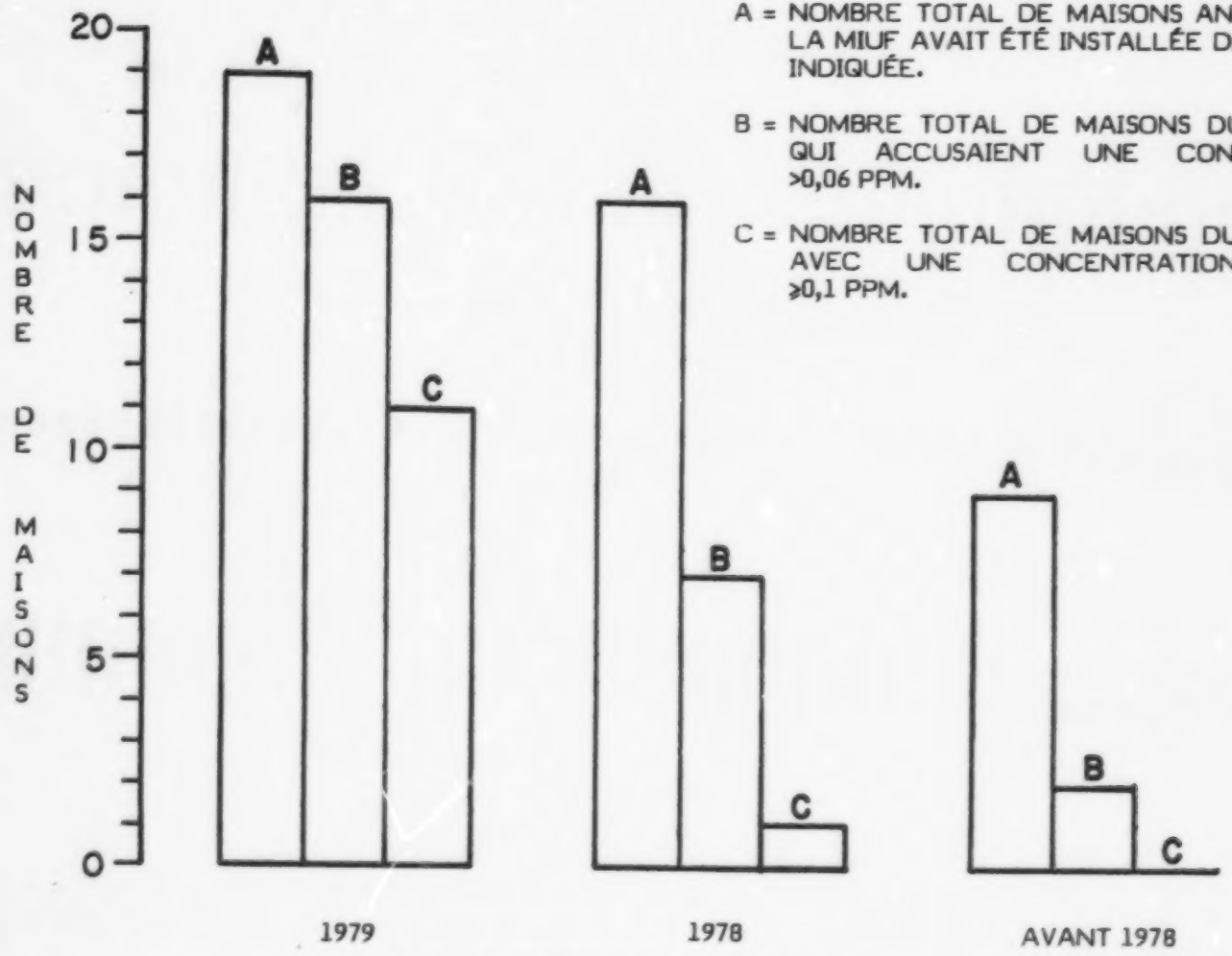
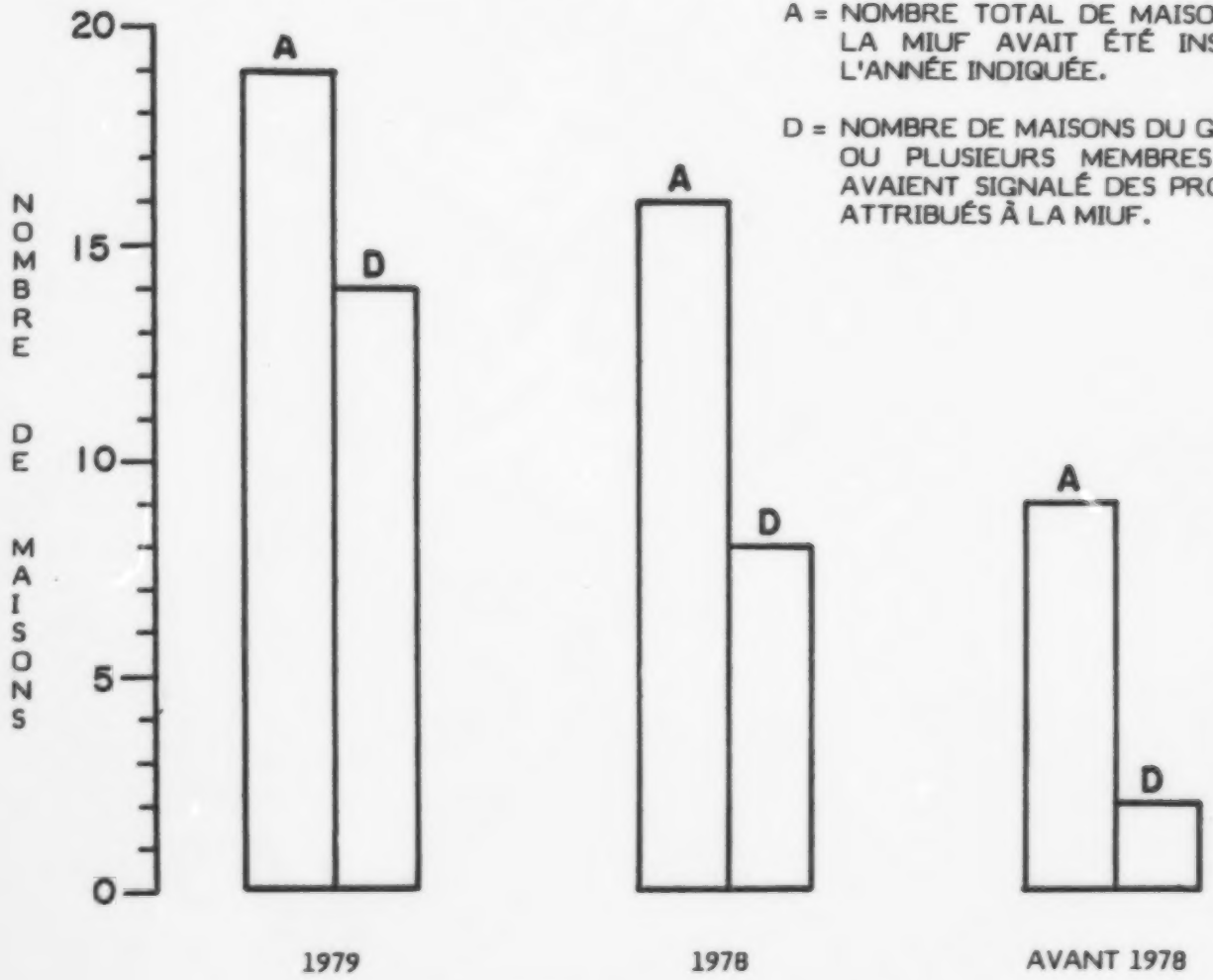


FIGURE 2

A = NOMBRE TOTAL DE MAISONS ANALYSÉES, OÙ LA MIUF AVAIT ÉTÉ INSTALLÉE PENDANT L'ANNÉE INDIQUÉE.

D = NOMBRE DE MAISONS DU GROUPE A, DONT UN OU PLUSIEURS MEMBRES DE LA FAMILLE AVAIENT SIGNALÉ DES PROBLÈMES DE SANTÉ ATTRIBUÉS À LA MIUF.